Scientific Excellence • Resource Protection & Conservation • Benefits for Canadians
Excellence scientifique • Protection et conservation des ressources • Bénéfices aux Canadiens

American Lobster (*Homarus americanus* Milne Edwards): A Discussion Paper on Their Environmental Requirements and the Known Anthropogenic Effects on Their Populations

Gareth C. Harding

Biological Sciences Branch
Scotia-Fundy Region
Department of Fisheries and Oceans
Bedford Institute of Oceanography
P.O. Box 1006
Dartmouth, Nova Scotia B2Y 4A2
Canada

1992

Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences 1887

Fisheries and Oceans Pêches et Océans

Canada

Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences

Technical reports contain scientific and technical information that contributes to existing knowledge but which is not normally appropriate for primary literature. Technical reports are directed primarily toward a worldwide audience and have an international distribution. No restriction is placed on subject matter and the series reflects the broad interests and policies of the Department of Fisheries and Oceans, namely, fisheries and aquatic sciences.

Technical reports may be cited as full publication. The correct citation appears above the abstract of each report. Each report is abstracted in *Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts* and indexed in the Department's annual index to scientific and technical publications.

Numbers 1–456 in this series were issued as Technical Reports of the Fisheries Research Board of Canada. Numbers 457–714 were issued as Department of the Environment, Fisheries and Marine Service, Research and Development Directorate Technical Reports. Numbers 715–924 were issued as Department of Fisheries and the Environment, Fisheries and Marine Service Technical Reports. The current series name was changed with report number 925.

Technical reports are produced regionally but are numbered nationally. Requests for individual reports will be filled by the issuing establishment listed on the front cover and title page. Out-of-stock reports will be supplied for a fee by commercial agents.

Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques

Les rapports techniques contiennent des renseignements scientifiques et techniques qui constituent une contribution aux connaissances actuelles, mais qui ne sont pas normalement appropriés pour la publication dans un journal scientifique. Les rapports techniques sont destinés essentiellement à un public international et ils sont distribués à cet échelon. Il n'y a aucune restriction quant au sujet; de fait, la série reflète la vaste gamme des intérêts et des politiques du ministère des Pêches et des Océans, c'est-à-dire les sciences halieutiques et aquatiques.

Les rapports techniques peuvent être cités comme des publications complètes. Le titre exact paraît au-dessus du résumé de chaque rapport. Les rapports techniques sont résumés dans la revue *Résumés des sciences aquatiques et halieutiques*, et ils sont classés dans l'index annual des publications scientifiques et techniques du Ministère.

Les numéros 1 à 456 de cette série ont été publiés à titre de rapports techniques de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada. Les numéros 457 à 714 sont parus à titre de rapports techniques de la Direction générale de la recherche et du développement, Service des pêches et de la mer, ministère de l'Environnement. Les numéros 715 à 924 ont été publiés à titre de rapports techniques du Service des pêches et de la mer, ministère des Pêches et de l'Environnement. Le nom actuel de la série a été établi lors de la parution du numéro 925.

Les rapports techniques sont produits à l'échelon régional, mais numérotés à l'échelon national. Les demandes de rapports seront satisfaites par l'établissement auteur dont le nom figure sur la couverture et la page du titre. Les rapports épuisés seront fournis contre rétribution par des agents commerciaux.

Canadian Technical Report of

Fisheries and Aquatic Sciences 1887

1992

AMERICAN LOBSTER (*HOMARUS AMERICANUS* MILNE EDWARDS): A DISCUSSION PAPER ON THEIR ENVIRONMENTAL REQUIREMENTS AND THE KNOWN ANTHROPOGENIC EFFECTS ON THEIR POPULATIONS

by

Gareth C. Harding

Biological Sciences Branch
Scotia-Fundy Region
Department of Fisheries and Oceans
Bedford Institute of Oceanography
P.O. Box 1006
Dartmouth, Nova Scotia B2Y 4A2
Canada

93-00914/

(c) Minister of Supply and Services Canada 1992
Cat. No. Fs 97-6/1887 ISSN 0706-6457

Correct citation for this publication:

Harding, G.C. 1992. American lobster (*Homarus americanus* Milne Edwards): A discussion paper on their environmental requirements and the known anthropogenic effects on their populations. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1887: vi + 16 p.

TABLE OF CONTENTS

ABSTRACT/RÉSUMÉ v

PREFACE vi

DISTRIBUTION 1

NATURAL HISTORY 1

ENVIRONMENTAL REQUIREMENTS 4

TEMPERATURE 4

SALINITY 5

OXYGEN LEVELS 5

SUBSTRATE 5

LIGHT 5

FOOD 6

WINDS AND CURRENTS 6

ANTHROPOGENIC EFFECTS 6

HEAVY METALS 6

THERMAL AND SALINITY CHANGES 6

BRINE 7

NON-METALLIC ELEMENTS 7

OIL SPILLS 7

DRILLING FLUIDS 7

POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS (PAHs) 8

KRAFT MILL EFFLUENTS 8

CHLORINATION 8

ORGANOCHLORINES 9

PYRETHROID PESTICIDES 9

ORGANOPHOSPHATE PESTICIDES 9

CAUSEWAYS, TIDAL BARRAGES, AND FIXED LINKS 9

CONCUSSION 10

DREDGING ACTIVITIES 10

SILVICULTURE, AGRICULTURE, AND DEVELOPMENT 10

AQUACULTURE 10

FISHING 10

ACKNOWLEDGEMENTS 11

REFERENCES 11

GENERAL 11

METALS 12

THERMAL EFFECTS 12

POTASH BRINE 12

NON-METALLIC ELEMENTS 12

OIL 12

DRILLING FLUIDS 13

PAHs 13

KRAFT MILL EFFLUENTS 13

CHLORINATION 13

ORGANOCHLORINES 14

PYRETHROIDS 14

ORGANOPHOSPHATE PESTICIDES 14

OTHER 14

APPENDIX: DEPARTMENT OF FISHERIES AND OCEANS EXPERTISE 15

ABSTRACT

Harding, G.C. 1992. American lobster (*Homarus americanus* Milne Edwards): A discussion paper on their environmental requirements and the known anthropogenic effects on their populations. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1887: vi + 16 p.

This discussion paper provides general evaluation of the life history and habitat requirements of the American lobster (*Homarus americanus*). Existing data are synthesized and presented in a usable format for use by both scientists and fisheries managers. After a brief review of the distribution and natural history of the species, the environmental requirements (temperature, salinity, oxygen, etc.) are considered. This is followed by an assessment of various anthropogenic effects; e.g. oil spills, chlorination, and dredging activities. Some 40 references are provided, arranged by broad subject field. A list of Department of Fisheries and Oceans expertise is included as an appendix.

RÉSUMÉ

Harding, G.C. 1992. American lobster (*Homarus americanus* Milne Edwards): A discussion paper on their environmental requirements and the known anthropogenic effects on their populations. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1887: vi + 16 p.

Le présent document de travail contient une évaluation générale du cycle de vie du homard d'Amérique (*Homarus americanus*) et de ses besoins en matière d'habitat. Après avoir fait l'objet d'une synthèse, les données disponibles y sont présentées sous une forme utilisable à la fois par les scientifiques et par les gestionnaires des pêches. Après un bref examen de la distribution et de l'histoire naturelle de l'espèce, on traite de ses besoins environnementaux (température, salinité, oxygène, etc.). Suit une évaluations des phénomènes anthropiques qui l'affectent, p. ex.: les déversements d'hydrocarbure, la chloration et les activités de dragage. Le document comprend quelque 40 références, regroupées par grandes catégories de sujet. Une liste d'experts du ministère des Pêches et des Océans y est jointe.

PREFACE

This discussion paper was prepared in response to a request from the Marine Atlantic Standing Subcommittee on Habitat (MASSH) of the Department of Fisheries and Oceans' Coordinating Committee on Atlantic Habitat Management (CCAHM). MASSH believed that the work of habitat managers would be facilitated by the availability of a series of documents that summarize the life history and habitat requirements of key resource species. Such a series of profiles would synthesize existing data and present them in a usable format for both scientists, managers, and external clients. They would be useful for numerous applications in fisheries and habitat management - in particular, environmental impact assessment. The Subcommittee decided that it should pursue the idea of trying to create such a series of profiles. It was agreed that the best approach was to undertake a pilot project using a single species common throughout the Atlantic region of Canada that has high economic value and whose habitat is potentially at risk from existing and foreseen development pressures. The unanimous choice was the American lobster. MASSH decided to undertake this initiative in house. Dr. D.C. Gordon, the Scotia-Fundy Region Science Sector representative on the Subcommittee, undertook responsibility to have the profile prepared. The work was actually undertaken by Dr. G.C. Harding of the Scotia-Fundy Region - the author of this report - with the assistance of several other experts. CCAHM subsequently approved the release of the document. It was agreed to make it widely available - hence its publication as a "Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences."

H.B. Nicholls
Member, CCAHM and
Chairman, MASSH*
Science Sector
Scotia-Fundy Region
Department of Fisheries and Oceans

---

*By way of information, it should be noted that MASSH was disbanded in 1991.

DISTRIBUTION

Lobsters occur naturally in eastern coastal waters of North America from southern Labrador to Florida. Maximum abundance occurs within 10 naut. miles (18.5 km) of shore along Canada's eastern coast, but lobsters are found down to depths of 700 m in some areas along the continental margin. Deep-water lobsters are most abundant in the Gulf of Maine and in the vicinity of Georges and Browns Banks, with small catches reported as far north along the outer Scotian Shelf as the Gulley (north of Sable Island) and south to Florida. Maximum population densities and probably optimal conditions for lobsters in Canadian waters exist inshore in the Gulf of Maine and the southern Gulf of St. Lawrence (Fig. 1).

NATURAL HISTORY

Female lobsters reach maturity at different sizes and ages over their geographic range, and this is thought to be controlled principally by the local thermal regime. It is estimated that female lobsters mature as early as 4 yr of age (>63 mm CL [carapace length]) in the southern Gulf of St. Lawrence and as old as 8 to 10 yr (>89 mm CL) off the southwestern coast of Nova Scotia to Grand Manan, New Brunswick, where summer waters are cooler. The lobster has an external skeleton and, therefore, needs to shed its shell in order to grow. Hard parts are discarded at the summer moult; thus, it is not possible to obtain accurate age estimates such as are obtained from fish otoliths. Males mature at a smaller size than do females, but successful mating requires the male to be larger. Mating occurs shortly after the pubertal moult of the female. A male lobster will mate with and protect a female in moult, when she is most vulnerable to predation. She then may extrude eggs during the same or the following summer in shallower warm environments. The number of eggs produced is related exponentially to the size of the female; for example, a typical 78 mm CL individual from the southern Gulf of St. Lawrence produces approximately 7,500 eggs, whereas a 125 mm lobster from the Gulf of Maine produces 34,000 eggs per clutch. It is believed that a 2-yr cycle, alternating years of egg extrusion, is the norm; but the large lobsters can spawn on two consecutive summers without an intervening moult, and some small Gulf of St. Lawrence lobsters moult and extrude eggs in the same summer. Sperm can be retained from an earlier mating to fertilize a second brood of eggs. Eggs are fertilized as they are extruded, then are cemented to the swimmerets of the female, where they are carried for 9 to 12 mo, at which time they hatch into free-swimming larvae. The life cycle is illustrated in a simplified form in Figure 2. Infestation by the filamentous bacterium *Leucothrix* or the nemertean *Pseudocarcinonemertes homari* can cause minor egg loss (<30%) ranging up to complete destruction of the clutch; however, the latter is not common.

The timing of first hatch of egg varies regionally and somehow coincides with the warming of surface waters to 11 to 13°C. Final ovarian maturation and spawning appears to require females to undergo an extended period below 5°C temperatures, followed by an increase to approximately 10°C. The duration of temperatures above 5°C controls egg development and hence the timing of the larval hatch. Hatching occurs primarily after dark. The larvae are planktonic and undergo three moults (Stages I to IV) over a period of 2 wk at >20°C and 2 mo at temperatures of 10°C and below (Fig. 2). A clutch hatches within approximately a 2-wk period; however, Stage I lobster larvae are present in the plankton for at least 2 mo. Each region has a maximum hatch period extending over 2 to 3 wk. The peak hatch occurs as early as the first week in July in the southern Gulf of St. Lawrence and Georges Bank to early August in Newfoundland embayments and off the southwestern coast of Nova Scotia and Browns Bank.

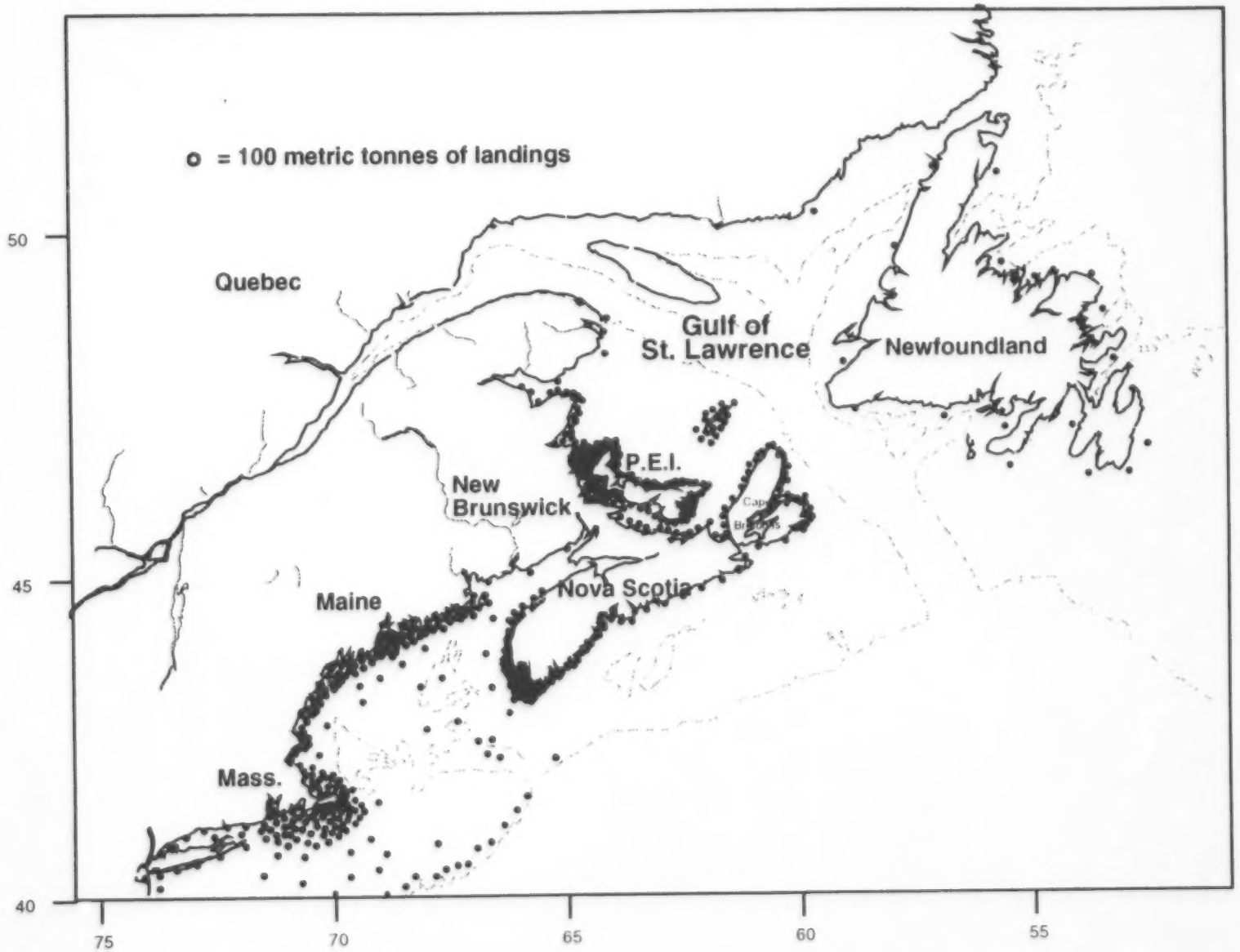

Fig. 1. Distribution of lobster landings - 1986. (Figure is courtesy of D.S. Pezzack.)

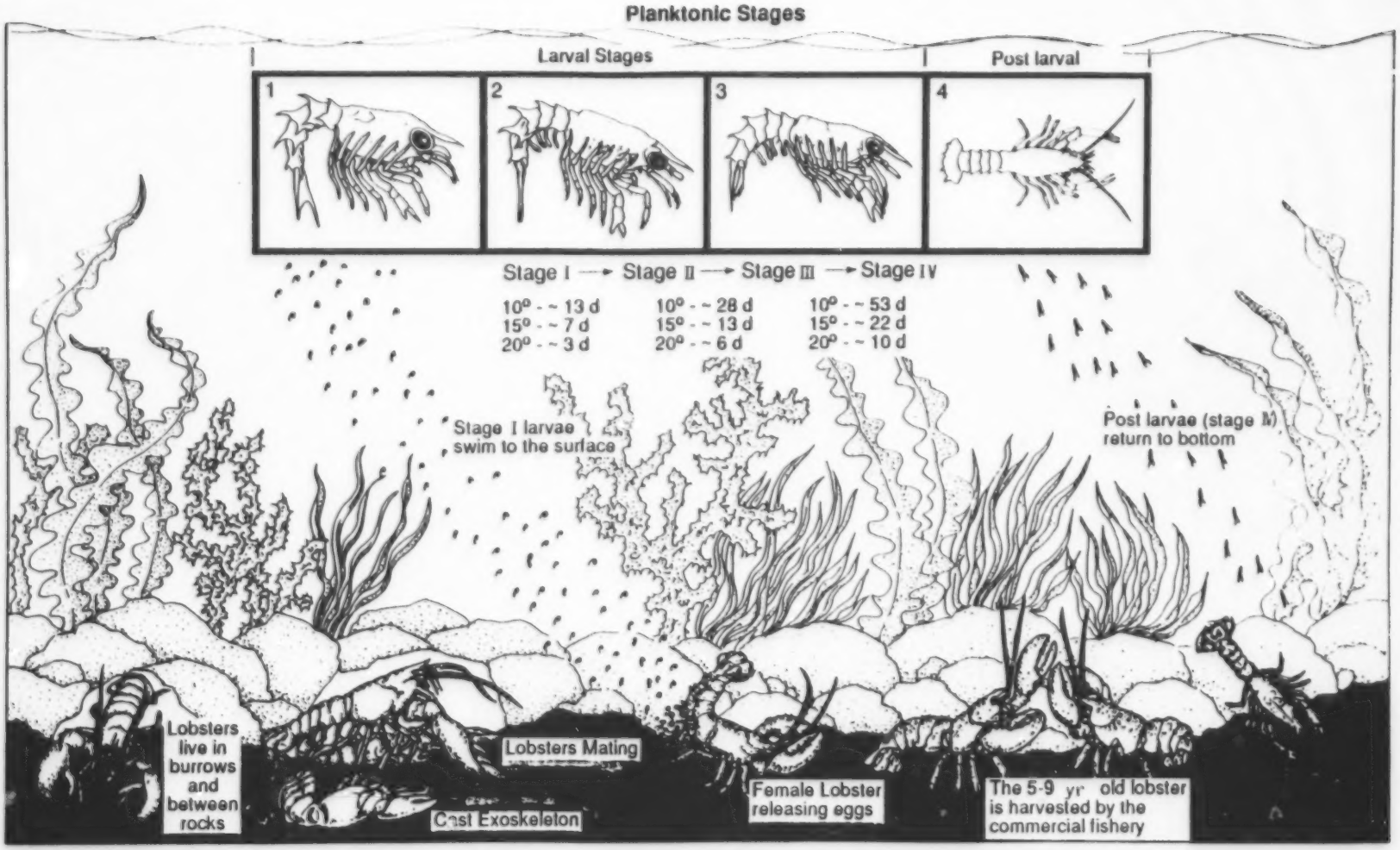

Fig. 2. Lobster life cycle: Mature eggs hatch to Stage I larvae which swim to, and remain near, the surface until the post-larval stage (Stage IV) is reached. The time required to reach the post-larval stage is given for certain temperatures. Post-larvae settle to the bottom as juveniles and take from 5 to 9 yr to reach legal harvestable size. Females take a similar amount of time to reach sexual maturity. Males protect females in burrows, where mating occurs immediately after the female moults. Eggs hatch approximately 2 yr after mating. (Figure is courtesy of R.E. Duggan.)

Planktonic larvae reside chiefly in the surface waters, although it is clear that they undergo a daily vertical migration. Stage I lobsters on Browns Bank occur primarily in the upper 10 m at night, but submerge to depths of 15 to 30 m during daylight. As development proceeds, this migration is moderated such that early Stage IV lobsters occur almost entirely within the upper 5 m. Halfway through Stage IV, past sub-moult Stage D_0, they disappear from the surface waters. In coastal waters, the vertical extent of this migration appears to be much reduced. Stage I to IV lobsters feed on a variety of plankters but predominantly on cladocerans, copepods, and crab larvae.

Midway through Stage IV, the lobster becomes negatively phototaxic, leaves the surface waters, and after some trial-and-error settles preferentially on rough gravel bottoms. This is inferred from laboratory studies because little is known about settlement and early benthic phases in nature. The fate of settling lobsters in nature with no choice but sand or mud bottom is not known. The first couple of years are spent in self-dug tunnels or in natural crevices under cobble. This behaviour is thought to have evolved in response to predation by visual predators, particularly coastal fish such as the cunner. Late Stage IV and Stage V lobsters are capable of continuing to feed on near-bottom plankton by creating a current in their tunnels by the pumping action of their swimmerets. This food is supplemented by meiobenthos entering their tunnels and is gradually replaced by nighttime feeding forays of lobsters >30 mm CL, never very far from their refuge. The wider-ranging behaviour characteristic of larger lobsters gradually commences after 2 to 3 yr, when the lobster reaches 38 to 50 mm CL. Lobsters exhibit a strong territorial behaviour which serves to secure a mate and food supply. Lobsters forage chiefly at night while seeking protection in natural shelters or self-dug hollows or tunnels during the day. In general, the lobster diet reflects the local and seasonal availability of benthic organisms. Prevalent prey of lobsters includes mussels, crabs, periwinkles, polychaetes, sea urchins, starfish, brittle stars, dead material, and seaweeds. Lobsters are in turn preyed on by bottom-feeding fish such as cod and wolffish, to which they are particularly vulnerable at the time of moult.

There is an ongoing controversy concerning the importance of offshore lobsters, dominated by large mature size groups, and the highly exploited smaller lobsters that make up the bulk of the catch in the inshore fishery along the southwestern coast of Nova Scotia and Grand Manan, New Brunswick, to the overall recruitment of the area. In a similar situation south of Cape Cod, off the coast of Massachusetts, it has been shown that extensive annual migrations of berried females occur between the continental margin and coastal shoals. If an analogous situation occurs off southern Nova Scotia, the origin of the deep-sea migrants is not from the continental margin but may be from German Bank and Jordan Basin in the Gulf of Maine. Deep-water lobsters tagged along the Canadian continental margin have been shown to migrate seasonally onto Browns and Georges Bank. The evidence for "seeding" inshore Nova Scotia through larval drift from offshore banks is largely inferential at present. The entire issue of inshore-offshore lobsters is the subject of ongoing research.

ENVIRONMENTAL REQUIREMENTS

TEMPERATURE

Juvenile and adult lobsters tolerate a wide range of temperatures, from -1 to 30.5°C. Adults can survive abrupt temperature increases of 16°C and decreases of 20°C within this range. Temperature controls the development and

physiological rates throughout the life cycle. Water temperatures of less than 8 to 10°C are required during the winter for proper synchrony of the moulting and reproduction cycles. If bottom temperatures do not exceed 5°C early enough in the spring, final oocyte maturation is delayed; and if they do not exceed 5°C, development is delayed indefinitely. Larval lobsters occur in surface waters between 6 and 25°C, though a minimum temperature of approximately 12°C appears to be required for successful development to the settlement phase of Stage IV lobsters.

SALINITY

Juvenile and adult lobsters can tolerate a wide range of salinities from 15 to 32 ppt (parts per thousand); thus, spring melts have been known to kill lobsters at the head of estuaries in Prince Edward Island and Newfoundland. Larval lobsters are sensitive to salinities below 20 ppt, and alter their depth by actively swimming to avoid low-salinity surface waters. Stage V lobsters can tolerate lower salinities at higher temperatures (20 ppt at 15°C and 15 ppt at 20°C). However, lower lethal salinity values for juvenile to adult lobsters ranged from 6 ppt at 5°C to 11 ppt at 25°C in 6.4 mg O_2/L (ppm [parts per million]). Moulting lobsters are less resistant to low salinities than are hard-shelled lobsters due to the osmotic permeability of their skeletons.

OXYGEN LEVELS

Lobsters can survive in waters with low levels of dissolved oxygen, thus survival is rarely threatened by hypoxia, with the possible exception of local basins severely polluted with organic material. Lower lethal oxygen levels for juveniles and adult lobsters ranged from 0.2 mg O_2/L (ppm) at 5°C to 1.2 mg O_2/L at 25°C in 30 ppt salinity. Lower oxygen levels, however, have a sublethal effect which affects their long-term viability.

SUBSTRATE

Larval lobsters are known to delay settlement at Stage IV if the bottom substrate is not suitable in laboratory studies. Settlement of Stage IV lobsters under experimental conditions occurred within 34 h of searching on macroalgal-covered rocks, within 38 h on scattered rocks in sand, and within 62 h over mud bottom. No settling occurred on sandy bottoms because of the inability to hide or dig U-shaped burrows in sand. Juvenile and adult lobsters also prefer rough rocky or cobble/boulder bottoms to homogeneous mud or sand bottoms. In the absence of rough bottom, lobsters may burrow into the substrate for cover and protection from currents and predators. When the bottom is not cohesive enough to enable burrowing, such as sandy coastal and muddy deep-water areas, lobsters can excavate a bowl-shaped depression.

LIGHT

Larval lobsters are generally attracted to light, positive phototaxis, although they avoid full sunlight. During Stage IV, lobsters become negatively phototaxic, causing them to seek cover on the bottom; and this behaviour continues throughout their life.

FOOD

The nutritional value and the abundance of suitable food in nature for lobsters in Atlantic Canada is known in a few study sites. The high lobster landings in the western Northumberland Strait, Magdalen Islands, and northeastern and southwestern Nova Scotia at least indicates populations which are not severely limited by food (Fig. 1).

WINDS AND CURRENTS

Severe storms are known to strand large numbers of lobsters along the coast; however, there is no evidence that these events have had any lasting effect on the population. Wind is thought to indirectly alter larval distribution by forcing surface drift. Juvenile and adult lobsters in general orient into currents, but it is unknown whether this has a significant effect on their natural distribution. There is evidence that berried females seek high-energy or turbulent areas to release their young. The seasonal inshore-offshore migration of deep-water lobsters in some regions contradicts this idea of an "upstream" orientation of the population.

ANTHROPOGENIC EFFECTS

HEAVY METALS

Many trace metals such as mercury (Hg), copper (Cu), cadmium (Cd), and silver (Ag) are regarded as toxic to organisms whereas others such as zinc (Zn) and selenium (Se) are toxic under certain environmental conditions. Lobsters accumulate high levels of heavy metals such as cadmium in their tissues. Levels in excess of 500 mg Cd kg^{-1} wet weight have been reported in the digestive gland of lobsters captured in Belledune Harbour, New Brunswick, with no demonstrable deleterious effects on the population. The lethal concentration required to kill one-half of the larvae exposed for 48 h (48-h LC50) is 50, 120, 230, 1,000, and >1,000 µg/L seawater for Hg, Cu, Cd, Zn, and thallium (Th), respectively, whereas 500 µg Cu/L, >35,000 µg Cd/L and >56,000 µg Zn/L seawater are required to kill adults at 2 to 7°C. To place these values in perspective, in the long term, the lethal threshold of copper in seawater, for example, is 30 µg/L for lobster larvae and 56 µg/L for adults. A small amount of information is available on sublethal effects of these metals on lobsters such as increased oxygen consumption observed after 30 d exposure to >3 µg/L Cd in seawater.

THERMAL AND SALINITY CHANGES

Heated and unheated freshwater effluents from municipalities, industrial plants, and power plants, both conventional and nuclear, can affect the survival, development, and metabolic rates of lobster larvae. The upper acute temperature limit for larval lobsters is approximately 32°C. Metabolic rate is depressed above 25°C. Temperature affects the duration of larval development, whereas changes in salinity above 20 ppt have a relatively minor effect on development rate. Lobster temperature-salinity requirements in the laboratory for successful development to Stage V lies between 15°C at 35 to 20 ppt salinity and 20°C at 30 to 15 ppt. A greater duration of larval development may mean lowered survival in nature. Juvenile and adult lobsters can withstand ranges of temperature and salinity as already discussed in the previous section.

BRINE

The disposal of brine into the sea from potash mining could pose a threat to nearby lobsters. The 96-h LC50s at 20°C for Stages I to III lobsters were 39.6 to 42.9 ppt salinity; for Stages IV to V, 46.2 to 49.5 ppt salinity. Successful moulting can occur to Stage IV in saline solutions up to 36.3 ppt. The 96-h LC50s for Stages I to III lobsters in potash ore added to seawater ranged between 1 to 2 g ore/L and between 2.25 and 3 g ore/L in Stage IV and juveniles at 20°C. The excessive toxicity of potash ore over the brine solution was found to be due to the potassium ion.

NON-METALLIC ELEMENTS

An accidental industrial discharge of yellow phosphorus occurred in Long Harbour, Newfoundland, in 1969 killing fish and crustaceans. Yellow phosphorus is accumulated by organisms in proportion to their lipid content. The incipient lethal limit of yellow phosphorus to adult lobsters lies between 20 and 40 µg/L seawater. The toxic effects of phosphorus are irreversible. Lobster death is caused by hemolymph coagulation, resulting in asphyxiation. Phosphorus has a half-life of only 2 to 7.5 h in water, although adsorption to bottom muds substantially decreases this rate of oxidation.

OIL SPILLS

Crude oil and its refined products are a complex mixture of hydrocarbons and metals, each with its unique range of toxic characteristics. Venezuelan crude oil toxicity has a 96-h LC50 of 0.86 mg/L seawater for Stage I lobsters which decreases to 4.9 mg/L by Stages III and IV. Sublethal effects of South Louisiana crude on lobster larvae are well documented at 0.25 mg/L. The long-term lethal threshold of Venezuelan crude appears to be closer to 0.14 mg/L starting with Stage I, which is similar to the 0.1 mg/L value observed for South Louisiana crude. Settled lobsters (later Stage IV+) survive normally in sediments containing up to 1,740 mg/L of Venezuelan crude. Juvenile and adult lobsters were found to experience sublethal effects on exposure to initial 0.5 mg/L concentrations of Venezuelan crude. Lobsters exposed to No. 2 fuel oil for 5 d at <0.15 mg/L were found initially to be unresponsive to food. At 1.5 ppm, exposure caused gross neuromuscular responses within 30 d with a loss of coordination and equilibrium. Lobster mortality was not observed in Chedabucto Bay, Nova Scotia, in 1970 from Bunker C fuel pollution following the ARROW disaster. The lobster fishery was not affected by tainted meat in either Chedabucto Bay (1970) or Cabot Strait (1979) following the wreck of the tankers ARROW and KURDISTAN, respectively.

DRILLING FLUIDS

The toxicity of drilling fluids (muds) also depends on their chemical composition. The specific group of compounds responsible for this toxicity has not been completely identified; however, fluids with a diesel oil component and with relatively high chromium and phenol levels were most toxic to Stage I lobsters:

Drilling Fluid Type	96-h LC50
MB-5-29	190 mg/L
J4	>500
J5	74
J6	213
J7	88

Sublethal effects of some drilling fluids were observed at levels as low as 10 to 50 mg/L. Exposure to the barite and sediment components of drilling fluids had no observable effect. Layering mud bottoms in aquaria with either drilling mud or a barite/bentonite mixture partially or completely inhibits the burrowing behaviour of Stages IV and V lobsters at 1 mm and 4 mm thick layers, respectively. In relatively quiescent areas, the layering of settling drilling fluid could interfere with the normal burrowing behaviour of the early bottom stages, resulting in higher mortality due to predation. Settled Stage IV lobsters had a higher mortality and reduced growth after 6 mo in aquaria with a 1 mm layer of J-5 drilling fluid than controls with a 1 mm barite/bentonite layer.

POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS (PAHs)

PAHs are created by the combustion/pyrolysis of organic matter. Their entry into the marine environment occurs chiefly through the atmosphere via fallout from coal, oil, and wood combustion or from oil spills, industrial effluents, and surface run-off, especially from asphalt surfaces and creosoted wharves and pilings. Toxicity studies with creosote have shown that adult lobsters held at 10°C and larval lobsters held at 20°C have 96-h LC50s of 1.76 mg/L and 0.02 mg/L (ppm) seawater, respectively. Toxicity studies have not been conducted specifically with PAHs. PAHs are accumulated within hours in the lipid-rich tissues of the lobster, but they are metabolised and/or excreted at a much slower rate (months to years). Sydney Harbour (Cape Breton, Nova Scotia) is presently closed to lobster fishing due to high PAH levels from the Sydney Steel coke ovens.

KRAFT MILL EFFLUENTS

Bleached kraft pulp mill effluents come into contact with both larval and adult lobsters in some diluted form at various sites around Canada's Atlantic provinces. Stage I lobsters were found to have a 48-h LC50 at approximately 32% concentration of this effluent. There was no noticeable change in mortality rate at pulp mill effluent concentrations below 2%. It is thought that larvae would not come into contact with toxic concentrations of mill effluent in nature due to their avoidance of salinities less than 20 ppt. Toxicity results obtained with adult lobsters were variable, with good survival achieved in pulp mill effluent concentrations up to 32%. Adults also are not likely to come into direct contact with pulp mill effluent because of their benthic lifestyle. The organic content of pulp mill effluents can create anoxic conditions locally which would exclude lobster populations (e.g. Canso Strait and Boat Harbour, Nova Scotia, and L'Etang Estuary, New Brunswick).

CHLORINATION

Chlorine is used routinely to remove fouling organisms from intake and condenser conduits for cooling waters of power plants, and it is used in the kraft bleaching process in pulp mills. Finally, chlorination is used in the treatment of municipal drinking water. Chlorine residuals found in the effluents of both freshwater and marine cooling systems range from 0.05 to 0.5 mg/L water but may reach 5.0 mg/L in some marine facilities where barnacles and mussels are being removed. In productive coastal areas, or in the neighbourhood of municipal effluents rich in organic material, chlorine from cooling waters may result in a significant formation of chloramines and organochlorine compounds. Stage I lobster 48-h LC50 was 16.3 mg/L seawater for chlorine compared to 2.02 mg/L for chloramine at 25°C after only 1 h

exposure. Elevated temperatures have a synergistic effect on this toxicity which is relevant to heated chlorine effluents from power plants and municipal sewage and pulp mills. Chloramine was more toxic at 30°C with a 48-h LC50 of 0.56 mg/L compared to 4.08 mg/L at 20°C. Sublethal effects were observed on the metabolism of Stage I lobsters down to exposures of 0.10 mg/L chlorine and 0.05 mg/L chloramine in seawater.

ORGANOCHLORINES

Vast amounts of manmade organochlorine pesticides and industrial compounds have been released to the environment. The organochlorines include some of the most toxic compounds known such as DDT and PCDD (polychlorinated dibenzo-*p*-dioxins). They are hydrophobic, resist degradation, and are highly lipophilic which results in their accumulation in the tomally (digestive gland) of the lobster. Unfortunately, toxicity studies appear not to have been performed on lobsters, but the results obtained with the closely related sand shrimp *Crangon* should suffice; the 96-h LC50s at 20°C are: 0.2µg Endosulfan/L, 0.6 µg Endrin/L, 0.4 µg p,p' DDT/L, 0.4 µg Dieldrin/L, 2.0 µg Chlordane/L, 13.0 µg Aroclor 1242/L, 12.0 µg Aroclor 1254/L, and >7.2 µg HCB/L seawater. These same organochlorines are an order of magnitude less toxic in sandy sediment than in seawater because of their strong adherence to surfaces. Higher levels of contamination are to be anticipated in industrialized harbours and at the outlets of major rivers than in the rest of the coastal zone.

PYRETHROID PESTICIDES

Pyrethroids are extremely toxic to crustaceans. The 96-h LC50s for adult lobsters are 0.73, 0.04, and 0.14 µg/L seawater for permethrin, cypermethrin, and fenvalerate, respectively, which are very similar to their lethal thresholds.

ORGANOPHOSPHATE PESTICIDES

Fenitrothion, an organophosphate pesticide, has been widely used to control spruce budworm outbreaks in New Brunswick since 1968. Larval and adult lobsters are equally sensitive to fenitrothion with 96-h LC50s of approximately 1 µg/L seawater. The lethal threshold for larval lobsters is 0.015 µg/L, while that for adults is approximately 0.3 µg/L. Fenitrothion is readily degraded by sunlight such that little would be expected to reach the sea. Nevertheless, the extreme sensitivity of larval and adult lobsters makes fenitrothion a possible hazard.

CAUSEWAYS, TIDAL BARRAGES, AND FIXED LINKS

The closure of one of three lagoons from the sea on the Magdalen Islands obstructed a seasonal migration of adult lobsters into a refugium from the fishery. The reopening of this lagoon has been under study for the last few years.

The marked decline in lobster landings, which was most extreme along the Atlantic coast of Nova Scotia, was apparent 6 yr after the obstruction of the Strait of Canso in 1954 with a causeway. It was hypothesized that this causeway stopped larval recruitment to the Atlantic coast from St. Georges Bay, in the southern Gulf of St. Lawrence, and resulted in a long-term

population decline. Estimates of larvae originating in St. Georges Bay and transported through the Strait of Canso, prior to construction, indicated that the Strait could have been the source of 60% of the lobster landings on the Atlantic coast near Chedabucto Bay between 1950 and 1960. Lobster landings, in general, have been increasing since 1979. By 1988, the Atlantic coast landings (Guysborough County, Nova Scotia) have reached 48% of the 1950's landings. If the obstruction of the larval supply did play a part in the drastic population decline between 1954 and 1979, it was only one factor of perhaps several operating. Bridges or tunnels are preferable to causeways because they do not interfere with larval transport or adult movements. This example may be of relevance to possible future tidal barrages constructed for electrical power generation or roadways to islands.

CONCUSSION

An experimental explosion of three sticks of dynamite 5 m away from lobsters contained in traps over shallow bottom (approximately 5 m depth) had no effect on their viability, although the shock was forceful enough to overturn the trap.

DREDGING ACTIVITIES

Disposal of soft sediments from harbour dredging can alter the preferred habitat of juvenile and adult lobsters in the short term by disrupting their shelter and food resources. However, dredged material will ultimately be dispersed from lobster grounds because they are high-energy, gravel/rocky bottoms. The dumping of dredge spoils is too localized and infrequent to represent much of a threat to the planktonic larvae of the lobster. The dumping of coarse uncontaminated material would provide ideal shelter and habitat for the lobster once colonization by prey organisms has occurred.

SILVICULTURE, AGRICULTURE, AND DEVELOPMENT

Alteration of land use by deforestation, crop cultivation, and urban development also can cause excessive siltation which would reduce the extent of suitable lobster habitat, particularly at freshwater outflows.

AQUACULTURE

Increased foraging has been observed by larger lobsters under finfish and shellfish holding cages.

FISHING

The lobster fishery has the single most important effect on the size of the lobster population, removing between 50% and 90% of the recruits annually, depending on the geographic location. The incidence of one-clawed lobsters, between 5% and 12% of the catch, has been attributed to natural and anthropogenic causes. Much of this claw loss is due to fighting within traps and the handling of sub-legal-sized lobsters by fishermen. The presence of escape panels reduces the damage to sub-legal lobsters by allowing them to escape. It is believed that some lobsters are damaged or lose their claws through the crushing action of rocks scoured by ice pans during storms. This, however, cannot be a major effect on the population because correlations of population changes with wind storms have not been found. When lobsters are

abundant, the incidence of claw damage should increase due to territorial fighting; but this has not been observed.

Deleterious effects on lobster populations have been attributed to some competing fisheries. It has been shown that there is little distributional overlap of the commercial Irish moss beds with the lobster fishery and that only 5% of the lobsters in the immediate path of moss harvesting were killed or injured seriously. Similarly, scallop draggers prefer to operate over smooth bottoms where few lobsters are present. The lobsters that are present are large and, therefore, more likely to escape uninjured in the absence of large crushing boulders. It has been recommended that scallop gear be restricted to mud and sand bottoms only and that the fishery should be closed during late summer when lobsters are moulting. Freshly moulted lobsters are soft and very susceptible to damage. The potential value of disabled lobsters in the bycatch of scallop draggers is low and has not been an important concern in areas studied to date. Even less is known about damage to lobsters by fish draggers. Occasionally, a considerable bycatch of lobsters is taken in groundfish trawls in the closure area of Browns Bank. The maximum mortality of lobsters in the bycatch of fish draggers (12.6% to 14%) occurred during the late-summer moult, compared to 0% to 5.6% during the rest of the year. Considerably more observations and research needs to be done on the effect of competing fisheries on the lobster population.

Lost ("ghost") traps can also be a menace to the lobster fishery. American studies have shown that the annual loss to ghost fishing is 1.1 kg/trap without a ghost panel (escape opening) and 0.7 kg/trap with a ghost panel. Ghost fishing represents between a 3% to 6% loss in annual landings in the United States. Ghost traps with escape openings cause less damage because lobsters are able to escape. A regulation addressing escape gaps and ghost fishing has been promulgated in Canada, which is most important given the advent of plastic and steel wire traps.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author wishes to thank C. Hudon, K.H. Mann, D. McLeese, R.J. Miller, D.S. Pezzack, J.D. Pringle, D.J. Scarratt, and J.F. Uthe for providing information and critical review of this report.

REFERENCES

GENERAL

Cobb, J.S., and B.F. Phillips [ed.]. 1980. The biology and management of lobsters. Vol. 1. Physiology and behaviour: 463 p. Academic Press, New York, N.Y.

---------- 1980. The biology and management of lobsters. Vol. 2. Ecology and management: 390 p. Academic Press, New York, N.Y.

International Workshop on Lobster Recruitment. 1986. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 43: 2064-2402.

METALS

Chou, C.L., J.F. Uthe, J.D. Castell, and J.C. Kean. 1987. Effect of dietary cadmium on growth, survival, and tissue concentrations of cadmium, zinc, copper, and silver in juvenile American lobster *Homarus americanus*. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 44(8): 1443-1450.

McLeese, D.W. 1976. Toxicity studies with lobster larvae and adults and a freshwater crayfish. Fish. Res. Board Can. Manuscr. Rep. 1384: 15 p.

Uthe, J.F., and V. Zitko [ed.]. 1980. Cadmium pollution of Belledune Harbour, New Brunswick, Canada. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 963: 107 p.

THERMAL EFFECTS

Sastry, A.N. 1980. Effects of thermal pollution on pelagic larvae of crustacea. U S Environ. Prot. Agency Nat. Environ. Res. Cent. Ecol. Res. Ser. EPA-600/3-80-064: 52 p.

POTASH BRINE

Charmantier, G., M. Charmantier-Daures, and W.W. Young-Lai. 1985. Lethal and sublethal effects of potash brine on different stages of the lobster, *Homarus americanus*. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1344: 13 p.

NON-METALLIC ELEMENTS

Aiken, D.E., and E.H. Byard. 1972. Histological changes in lobsters (*Homarus americanus*) exposed to yellow phosphorous. Science 176: 1434-1435.

Zitko, V., D.E. Aiken, S.N. Tibbo, K.W.T. Besch, and J.M. Anderson. 1970. Toxicity of yellow phosphorus to herring (*Clupea harengus*), Atlantic salmon (*Salmo salar*), lobster (*Homarus americanus*), and beach flea (*Gammarus oceanicus*). J. Fish. Res. Board Can. 27(1): 21-29.

OIL

Atema, J. 1977. The effects of oil on lobsters. Oceanus 20: 67-73.

Capuzzo, J.M., B.A. Lancaster, and G.A. Sasaki. 1984. The effects of petroleum hydrocarbons on lipid metabolism and energetics of larval development and metamorphosis in the American lobster (*Homarus americanus* Milne-Edwards). Mar. Environ. Res. 14: 201-228.

Payne, J.F., J. Kiceniuk, R. Misra, G. Fletcher, and R. Thompson. 1983. Sublethal effects of petroleum hydrocarbons on adult American lobsters (*Homarus americanus*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 40: 705-717.

Wells, P.G., and J.B. Sprague. 1976. Effects of crude oil on American lobster (*Homarus americanus*) larvae in the laboratory. J. Fish. Res. Board Can. 10: 371-412.

DRILLING FLUIDS

Atema, J., D.F. Leavitt, D.E. Barshaw, and M.C. Cuomo. 1982. Effects of drilling muds on behaviour of the American lobster, *Homarus americanus*, in water column and substrate exposures. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 39: 675-690.

Barshaw, D.E., and J. Atema. 1984. Effects of drilling mud on the behaviour, growth, and survival of young juvenile lobster (*Homarus americanus*). Biol. Bull. 167: 506.

Derby, J.G.S., and J.M. Capuzzo. 1984. Lethal and sublethal toxicity of drilling fluids to larvae of the American lobster (*Homarus americanus*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 41(9): 1334-1340.

---------- 1985. Physiological and behavioral effects of drilling fluids on marine crustaceans, p. 289-305. In I.W. Duedall, D.R. Kester, P.K. Park, and B.H. Ketchum [ed.]. Wastes in the ocean. Vol. IV. Energy wastes in the ocean. John Wiley & Sons (New York, N.Y.).

PAHs

McLeese, D.W., and C.D. Metcalfe. 1979. Toxicity of creosote to larval and adult lobsters and *Crangon* and its accumulation in lobster hepatopancreas. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 22: 796-799.

McLeese, D.W. 1983. The potential for exposure of lobsters to creosote during commercial storage in the Maritime Provinces of Canada. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1203: 28 p.

Uthe, J.F., D.W. McLeese, G.R. Sirota, and L.E. Burridge. 1984. Accumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons by lobsters (*Homarus americanus*) held in a tidal pound. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1059: 9 p.

Uthe, J.F., and C.J. Musial. 1986. Polycyclic aromatic hydrocarbon contamination of American lobster, *Homarus americanus*, in the proximity of a coal-coking plant. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 37: 730-738.

KRAFT MILL EFFLUENTS

Scarratt, D.J. 1969. Lobster larvae off Pictou, Nova Scotia, not affected by bleached kraft mill effluent. J. Fish. Res. Board Can. 26: 1931-1934.

Sprague, J.B., and D.W. McLeese. 1968. Toxicity of kraft pulp mill effluent for larval and adult lobsters and juvenile salmon. Water Res. 2: 753-760.

CHLORINATION

Capuzzo, J.M., S.A. Lawrence, and J.A. Davidson. 1976. Combined toxicity of free chlorine, chloramine, and temperature to Stage I larvae of the American lobster *Homarus americanus*. Water Res. 10: 1053-1099.

ORGANOCHLORINES

Clement, R.E., H.M. Tosine, V. Taguchi, C.J. Musial, and J.F. Uthe. 1987. Investigation of American lobster, *Homarus americanus*, for the presence of chlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 39: 1069-1075.

McLeese, D.W., C.D. Metcalfe, and D.S. Pezzack. 1980. Bioaccumulation of chlorobiphenyls and endrin from food by lobsters (*Homarus americanus*). Bull. Environ. Contam. Toxicol. 25: 161-168.

McLeese, D.W., and C.D. Metcalfe. 1980. Toxicities of eight organochlorine compounds in sediment and seawater to *Crangon septemspinosa*. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 25: 921-928.

PYRETHROIDS

McLeese, D.W., C.D. Metcalfe, and V. Zitko. 1980. Lethality of permethrin, cypermethrin and fenvalerate to salmon, lobster and shrimp. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 25: 950-955.

Zitko, V., D.W. McLeese, C.D. Metcalfe, and W.G. Carson. 1979. Toxicity of permethrin, decamethrin, and related pyrethroids to salmon and lobster. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 21: 338-343.

ORGANOPHOSPHATE PESTICIDES

McLeese, D.W. 1974. Olfactory responses and fenitrothion toxicity in American lobsters (*Homarus americanus*). J. Fish. Res. Board Can. 31: 1127-1131.

OTHER

Jamieson, G.S., and A. Campbell. 1985. Sea scallop fishing impact on American lobster in the Gulf of St. Lawrence. Fish. Bull. 83(4): 575-586.

Knight, A.P. 1907. The effects of dynamite explosions on fish life. Contrib. Can. Biol. 1902-1905: 21-30.

Krouse, J.S. 1976. Incidence of cull lobsters, *Homarus americanus*, in all commercial and research catches off the Maine coast. Fish. Bull. 74(4): 719-724.

Pecci, K.J., R.A. Cooper, C.D. Newell, R.A. Clifford, and R.J. Smolowitz. 1978. Ghost fishing of vented and unvented lobster, *Homarus americanus*, traps. Mar. Fish. Rev. (Pap. 1307) 40(5/6): 9-43.

Pringle, J.D., and G.J. Sharp. 1980. Multispecies resource management of economically important marine plant communities of eastern Canada. Helgol. Meeresunters. 33: 711-720.

Robichaud, P.A., A.M. Williamson, and D.E. Graham. 1987. Characteristics of the St. Marys Bay lobster stock in relation to scallop gear impact. Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1955: 17 p.

Scarratt, D.J. 1973. The effects of raking Irish moss (*Chondrus crispus*) on lobsters in Prince Edward Island. Helgol. Meeresunters. 24: 415-424.

Smith, E.M., and P.T. Howell. 1987. The effects of bottom trawling on American lobsters, *Homarus americanus*, in Long Island Sound. Fish. Bull. 85(4): 737-744.

Smolowitz, R.J., and F.M. Serchuk. 1980. Recent U.S. lobster trap gear research: Applications and implications. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 932: 73-76.

Smolowitz, R.J. 1978. Trap design and ghost fishing: Discussion. Mar. Fish. Rev. (Pap. 1310) 40(5/6): 59-67.

Young, J.S., and J.B. Pearce. 1975. Shell disease in crabs and lobsters from New York Bight. Mar. Pollut. Bull. 6: 101-105.

APPENDIX 1: DEPARTMENT OF FISHERIES AND OCEANS EXPERTISE

Area of Expertise	Contact Name	Telephone Number
Adult Ecology	Douglas Pezzack[1]	(902) 426-2099
	David Robichaud[2]	(506) 529-8854
	Gerry Ennis[3]	(709) 772-2094
Juvenile Ecology	Peter Laughton[2]	(506) 529-8854
Larval Ecology	Gareth Harding[4]	(902) 426-2692
	Christiane Hudon[1]	(902) 426-5379
Physiology and Aquaculture	Dave Aiken[2]	(506) 529-8854
	Susan Waddy[2]	(506) 529-8854
Parasites	James Stewart[4]	(902) 426-8145
Contaminants	Jack Uthe[1]	(902) 426-6277
	Vlado Zitko[2]	(506) 529-8854
Competing Fisheries and Ghost Traps	John Pringle[1]	(902) 426-6138
	Robert Miller[1]	(902) 426-8108

[1] Department of Fisheries and Oceans
Scotia-Fundy Region
Halifax Fisheries Research Laboratory
1707 Lower Water Street
P.O. Box 550
Halifax, Nova Scotia B3J 2S7

[2] Department of Fisheries and Oceans
Scotia-Fundy Region
St. Andrews Biological Station
P.O. Box 210
St. Andrews, New Brunswick E0G 2X0

[3] Department of Fisheries and Oceans
Newfoundland Region
P.O. Box 5667
St. John's, Nfld. A1C 5X1

[4] Department of Fisheries and Oceans
Scotia-Fundy Region
Bedford Institute of Oceanography
P.O. Box 1006
Dartmouth, Nova Scotia B2Y 4A2

Scientific Excellence • Resource Protection & Conservation • Benefits for Canadians
Excellence scientifique • Protection et conservation des ressources • Bénéfices aux Canadiens

Le homard d'Amérique (*Homarus americanus* Milne Edwards): Document de travail sur ses besoins environnementaux et sur les phénomènes anthropique se répercutant sur sa population

Gareth C. Harding

Direction des sciences biologiques
Région de Scotia-Fundy
Ministère des Pêches et des Océans
Institut océanographique de Bedford
C.P. 1006
Dartmouth (Nouvelle-Écosse) B2Y 4A2
Canada

1992

Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques 1887

Fisheries and Oceans Pêches et Océans

Canada

Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences

Technical reports contain scientific and technical information that contributes to existing knowledge but which is not normally appropriate for primary literature. Technical reports are directed primarily toward a worldwide audience and have an international distribution. No restriction is placed on subject matter and the series reflects the broad interests and policies of the Department of Fisheries and Oceans, namely, fisheries and aquatic sciences.

Technical reports may be cited as full publications. The correct citation appears above the abstract of each report. Each report is abstracted in *Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts* and indexed in the Department's annual index to scientific and technical publications.

Numbers 1–456 in this series were issued as Technical Reports of the Fisheries Research Board of Canada. Numbers 457–714 were issued as Department of the Environment, Fisheries and Marine Service, Research and Development Directorate Technical Reports. Numbers 715–924 were issued as Department of Fisheries and the Environment, Fisheries and Marine Service Technical Reports. The current series name was changed with report number 925.

Technical reports are produced regionally but are numbered nationally. Requests for individual reports will be filled by the issuing establishment listed on the front cover and title page. Out-of-stock reports will be supplied for a fee by commercial agents.

Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques

Les rapports techniques contiennent des renseignements scientifiques et techniques qui constituent une contribution aux connaissances actuelles, mais qui ne sont pas normalement appropriés pour la publication dans un journal scientifique. Les rapports techniques sont destinés essentiellement à un public international et ils sont distribués à cet échelon. Il n'y a aucune restriction quant au sujet; de fait, la série reflète la vaste gamme des intérêts et des politiques du ministère des Pêches et des Océans, c'est-à-dire les sciences halieutiques et aquatiques.

Les rapports techniques peuvent être cités comme des publications complètes. Le titre exact paraît au-dessus du résumé de chaque rapport. Les rapports techniques sont résumés dans la revue *Résumés des sciences aquatiques et halieutiques*, et ils sont classés dans l'index annual des publications scientifiques et techniques du Ministère.

Les numéros 1 à 456 de cette série ont été publiés à titre de rapports techniques de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada. Les numéros 457 à 714 sont parus à titre de rapports techniques de la Direction générale de la recherche et du développement, Service des pêches et de la mer, ministère de l'Environnement. Les numéros 715 à 924 ont été publiés à titre de rapports techniques du Service des pêches et de la mer, ministère des Pêches et de l'Environnement. Le nom actuel de la série a été établi lors de la parution du numéro 925.

Les rapports techniques sont produits à l'échelon régional, mais numérotés à l'échelon national. Les demandes de rapports seront satisfaites par l'établissement auteur dont le nom figure sur la couverture et la page du titre. Les rapports épuisés seront fournis contre rétribution par des agents commerciaux.

Rapport technique canadien des

sciences halieutiques et aquatiques 1887

1992

LE HOMARD D'AMÉRIQUE (*HOMARUS AMERICANUS* MILNE EDWARDS): DOCUMENT DE TRAVAIL SUR SES BESOINS ENVIRONNEMENTAUX ET SUR LES PHÉNOMÈNES ANTHROPIQUES SE RÉPERCUTANT SUR SA POPULATION

par

Gareth C. Harding

Direction des sciences biologiques
Région de Scotia-Fundy
Ministère des Pêches et des Océans
Institut océanographique de Bedford
C.P. 1006
Dartmouth (Nouvelle-Écosse) B2Y 4A2
Canada

(c) Ministère des Approvisionnements et Services Canada 1992
Cat. No. Fs 97-6/1887 ISSN 0706-6570

On doit citer la publication comme suit:

Harding, G.C. 1992. Le homard d'Amérique (*Homarus americanus* Milne Edwards): Document de travail sur ses besoins environnementaux et sur les phénomènes anthropiques se répercutant sur sa population. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 1887: vi + 17 p.

TABLE DES MATIERES

RÉSUMÉ/ABSTRACT v
PRÉFACE vi
DISTRIBUTION 1
HISTOIRE NATURELLE 1
CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES 5
TEMPÉRATURE 5
SALINITÉ 5
TENEUR EN OXYGÈNE 5
SUBSTRAT 6
LUMIÈRE 6
NOURRITURE 6
VENTS ET COURANTS 6
EFFETS ANTHROPIQUES 7
MÉTAUX LOURDS 7
MODIFICATIONS DE LA TEMPÉRATURE ET DE LA SALINITÉ 7
SAUMURE 7
ÉLÉMENTS NON MÉTALLIQUES 8
DÉVERSEMENTS DE PÉTROLE 8
FLUIDES DE FORAGE 8
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES (HAP) 9
EFFLUENTS DES USINES DE PAPIER KRAFT 9
CHLORATION 10
ORGANOCHLORÉS 10
PESTICIDES À BASE DE PYRÉTHOIDE 10
PESTICIDES À BASE D'ORGANOPHOSPHATE 10
CHAUSSÉES, BARRAGES DES EAUX À MARÉE, ET LIENS FIXES 11
CHOCS D'EXPLOSION 11
DRAGAGE 11
SYLVICULTURE, AGRICULTURE, ET AMÉNAGEMENT DES TERRES 12

AQUICULTURE 12

PÊCHE 12

REMERCIEMENTS 13

RÉFÉRENCES 13

OUVRAGES GÉNÉRAUX 13

MÉTAUX 13

EFFETS THERMIQUES 13

SAUMURE DE POTASSE 14

ÉLÉMENTS NON MÉTALLIQUES 14

PÉTROLE 14

FLUIDES DE FORAGE 14

HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES (HAP) 15

EFFLUENTS DES USINES DE PAPIER KRAFT 15

CHLORATION 15

ORGANOCHLORÉS 15

PYRÉTHOIDES 15

PESTICIDES À BASE D'ORGANOPHOSPHATES 16

AUTRES 16

ANNEXE: EXPERTS DU MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES OCÉANS 17

RÉSUMÉ

Harding, G.C. 1992. Le homard d'Amérique (*Homarus americanus* Milne Edwards): Document de travail sur ses besoins environnementaux et sur les phénomènes anthropiques se répercutant sur sa population. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 1887: vi + 17 p.

Le présent document de travail contient une évaluation générale du cycle de vie du homard d'Amérique (*Homarus americanus*) et de ses besoins en matière d'habitat. Après avoir fait l'objet d'une synthèse, les données disponibles y sont présentées sous une forme utilisable à la fois par les scientifiques et par les gestionnaires des pêches. Après un bref examen de la distribution et de l'histoire naturelle de l'espèce, on traite de ses besoins environnementaux (température, salinité, oxygène, etc.). Suit une évaluations des phénomènes anthropiques qui l'affectent, p. ex.: les déversements d'hydrocarbure, la chloration et les activités de dragage. Le document comprend quelque 40 références, regroupées par grandes catégories de sujet. Une liste d'experts du ministère des Pêches et des Océans y est jointe.

ABSTRACT

Harding, G.C. 1992. Le homard d'Amérique (*Homarus americanus* Milne Edwards): Document de travail sur ses besoins environnementaux et sur les phénomènes anthropiques se répercutant sur sa population. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 1887: vi + 17 p.

This discussion paper provides general evaluation of the life history and habitat requirements of the American lobster (*Homarus americanus*). Existing data are synthesized and presented in a usable format for use by both scientists and fisheries managers. After a brief review of the distribution and natural history of the species, the environmental requirements (temperature, salinity, oxygen, etc.) are considered. This is followed by an assessment of various anthropogenic effects; e.g. oil spills, chlorination, and dredging activities. Some 40 references are provided, arranged by broad subject field. A list of Department of Fisheries and Oceans expertise is included as an appendix.

PRÉFACE

Le présent document de travail a été établi à la demande du Marine Atlantic Standing Subcommittee on Habitat (MASSH), qui relève du Comité de coordination pour la gestion de l'habitat de l'Atlantique (CCGHA) du ministère des Pêches et des Océans. Le MASSH estimait que la production d'une série de documents résumant le cycle de vie des principales espèces et leurs exigences en matière d'habitat faciliterait le travail des responsables de l'habitat. Une telle série présenterait une synthèse des données existantes, sous une forme utile à la fois aux scientifiques, aux gestionnaires et aux clients externes, et servirait à de nombreux usages dans la gestion des pêches et de l'habitat, en particulier à l'évaluation des impacts environnementaux. Le sous-comité a donc donné suite à cette idée et a convenu qu'il était préférable de commencer par un projet pilote de document portant sur une espèce qui soit commune à toute la région canadienne de l'Atlantique, qui revête une grande importance économique et dont l'habitat risque d'être menacé par les aménagements existants ou envisagés. Le choix s'est porté unanimement sur le homard d'Amérique. Le MASSH ayant décidé d'exécuter ce projet à l'interne, M. D.C. Gordon, représentant du Secteur des sciences de la région de Scotia-Fundy au sous-comité, en a assumé la responsabilité. Le travail a été exécuté par M. G.C. Harding, de la région de Scotia-Fundy - l'auteur du présent rapport - en collaboration avec plusieurs autres experts. Par la suite, le CCGHA a approuvé la publication du document. Il a été décidé de lui donner la plus grande diffusion possible, aussi est-il publié sous forme de "Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques."

H.B. Nicholls
Membre du CCGHA
Président du MASSH*
Secteur des sciences
Région de Scotia-Fundy
Ministère des Pêches et des Océans

---

*Il convient de noter que le MASSH a été démantelé en 1991.

DISTRIBUTION

Le homard est présent de façon naturelle dans les eaux de la côte est de l'Amérique du Nord, depuis le sud du Labrador jusqu'à la Floride. C'est dans un rayon de 10 milles marins (18.5 km) de la côte est du Canada qu'il est le plus abondant, mais on le trouve également en certains endroits à des profondeurs de 700 m le long de la marge continentale. Les homards d'eaux profondes sont présents en plus grand nombre dans le golfe du Maine ainsi qu'aux alentours du banc George et du banc de Brown; on en a également capturé de petites quantités beaucoup plus au nord, soit au Gulley (nord de l'Île de Sable), sur le bord de la plate-forme néo-écossaise et, dans le sud, jusqu'en Floride. C'est dans le golfe du Maine et dans le sud du golfe du Saint-Laurent que l'on trouve les plus fortes densités de population et sans doute les conditions de vie optimales pour le homard évoluant dans les eaux côtières canadiennes (fig. 1).

HISTOIRE NATURELLE

Le homard femelle atteint la maturité à des âges et tailles qui diffèrent selon les endroits de son territoire de distribution; on estime que ces écarts sont dus principalement aux conditions thermiques. Les scientifiques sont d'avis que le homard femelle peut atteindre la maturité dès quatre ans (>63 mm de LC [longueur de carapace]) dans le sud du golfe du Saint-Laurent et aussi tardivement que de huit à dix ans (>89 mm de LC) dans la zone qui s'étend de la côte sud-ouest de la Nouvelle-Écosse à Grand Manan (N.-B.), où les eaux sont plus froides l'été. Le homard est doté d'un squelette externe et doit par conséquent quitter sa carapace pour grandir. Étant donné qu'il se défait de ses parties dures lors de la mue d'été, il n'est pas possible d'obtenir des évaluations précises de son âge, comme c'est le cas avec les otolithes de poisson. Les mâles atteignent la maturité lorsqu'ils sont plus petits que les femelles, mais pour pouvoir s'accoupler ils doivent être plus gros que ces dernières. L'accouplement survient peu de temps après la mue pubérale de la femelle. Un homard mâle protège la femelle avec laquelle il s'accouple durant la mue de cette dernière, alors qu'elle est le plus vulnérable à la prédation. La femelle libère ses oeufs, soit durant l'été de l'accouplement soit l'été suivant, dans des eaux chaudes et peu profondes. Le nombre d'oeufs produits est exponentiellement lié à la taille de la femelle; ainsi, un spécimen typique de 78 mm de LC provenant du sud du golfe du Saint-Laurent produit environ 7 500 oeufs tandis qu'une femelle de 125 mm du golfe du Maine produit 34 000 oeufs par ponte. On estime que les femelles suivent généralement un cycle de reproduction de deux ans, alternant les années de ponte, mais il arrive que de très grosses femelles frayent pendant deux étés consécutifs, sans mue intermédiaire, tandis que certains petits homards femelles du golfe du Saint-Laurent muent et pondent des oeufs durant le même été. Certaines femelles peuvent conserver du sperme provenant d'un accouplement pour fertiliser une seconde couvée d'oeufs. Une fois fertilisés et libérés, les oeufs se fixent aux pattes natatoires. La femelle les conserve ainsi de neuf à douze mois, avant qu'ils n'éclosent sous forme de larve pélagique. Le cycle de vie est illustré de manière simplifiée à la figure 2. L'infestation par la bactérie filamenteuse *Leucothrix* ou le némertien *Pseudocarcinonemertes homari* peut entraîner une légère perte d'oeufs (<30 p. 100) et parfois la destruction totale de la couvée, ce qui est cependant rare.

L'éclosion des oeufs survient à des moments différents selon les régions et coïncide avec le réchauffement des eaux de surface à 11-13°C. Il semble que durant la dernière maturation ovarienne et le frai, les femelles doivent passer une assez longue période à des températures inférieures à 5°C, puis dans des eaux dont la température est d'environ 10°C (fig. 2). La durée du séjour à des températures supérieures à 5°C est déterminante pour le

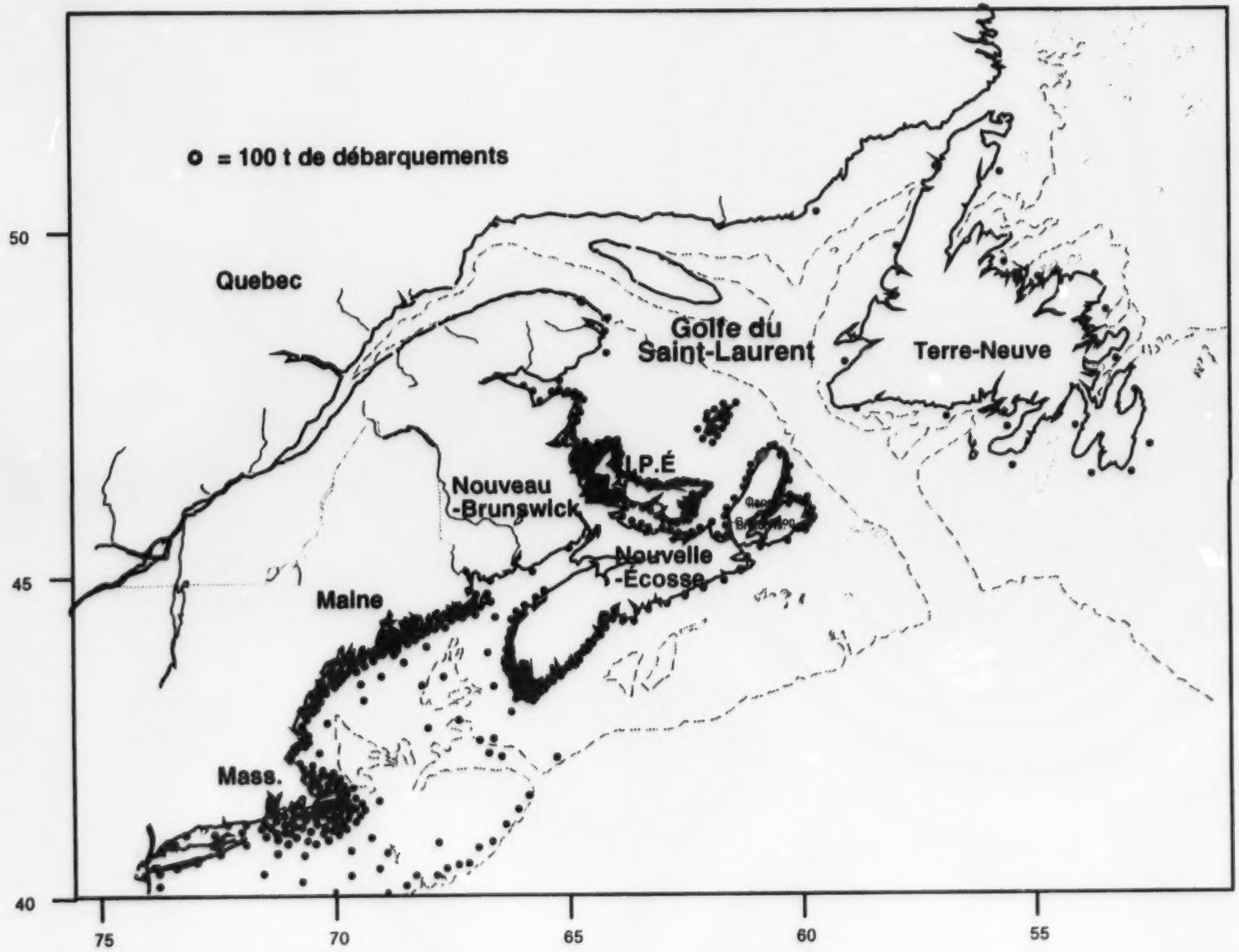

Fig. 1. Répartition des débarquements de homard sur la côte est de l'Atlantique en 1986. (Figure fournie par D.S. Pezzack.)

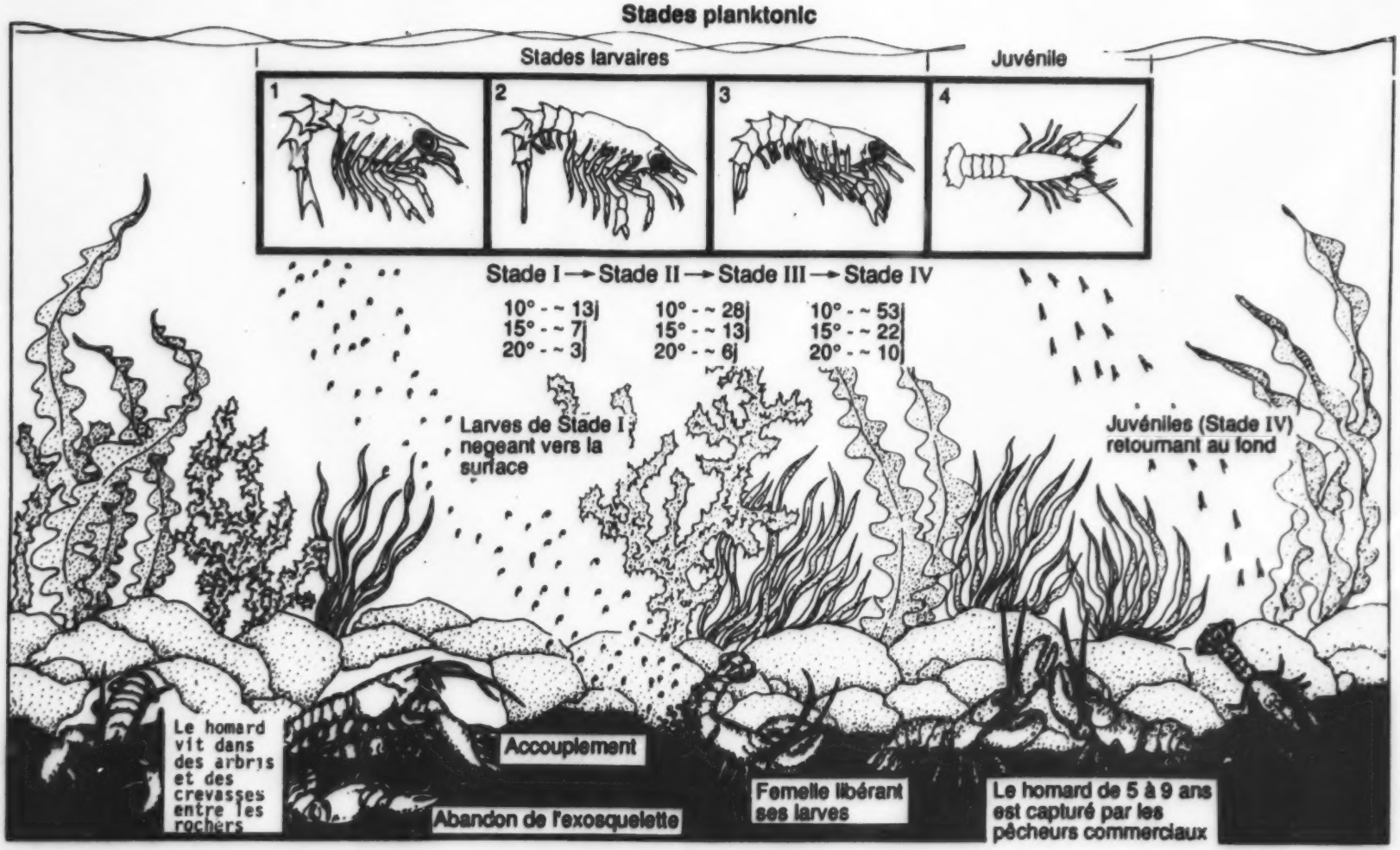

Fig. 2. Lobster de vie du homard: A éclosion, l'oeuf libère une larve de 1er stade, qui remonte à proximité de la surface, où elle demeure jusqu'au stade 4, c'est-à-dire jusqu'à sa transformation en juvénile. Le temps nécessaire à cette mutation est indiqué ci-dessus en fonction de diverses températures. Le juvénile s'installe au fond de la mer. Il lui faut de cinq à neuf ans pour atteindre la taille à laquelle il peut légalement être capturé. C'est aussi le temps qu'il faut à la femelle pour parvenir à la maturité sexuelle. Le mâle protège la femelle dans son abri, où a lieu l'accouplement immédiatement après la mue de la femelle. Les oeufs éclosent environ deux ans après la mue de la femelle. Les oeufs éclosent environ deux ans après l'accouplement. (Figure fournie par R.E. Duggan).

développement des oeufs et influe par conséquent sur le moment de l'éclosion. Celle-ci survient généralement à la nuit tombée. Les larves sont planctoniques et subissent trois mues (stade I à IV) durant une période de deux semaines à >20°C et de deux mois à des températures égales ou inférieures à 10°C. La totalité d'une couvée parvient à éclosion en environ deux semaines; cependant, les larves de premier stade sont présentes dans le plancton pendant au moins deux mois. Il existe une période intense d'éclosion dans chaque région, allant de deux à trois semaines. L'éclosion atteint son plus fort dès la première semaine de juin dans le sud du golfe du Saint-Laurent et du banc George, et au début d'août dans les baies de Terre-Neuve ainsi qu'au large de la côte sud-ouest de la Nouvelle-Écosse et du banc de Brown.

Les larves planctoniques résident principalement dans les eaux de surface, quoiqu'elles effectuent manifestement une migration quotidienne verticale. Sur le banc de Brown, les larves de premier stade sont présentes surtout dans les dix premiers mètres la nuit, mais descendent à des profondeurs de 15 à 30 m durant le jour. Au fur et à mesure que la larve se développe, cette migration se modère, si bien que rendues au quatrième stade, les larves de homard sont presque toutes concentrées dans les cinq premiers mètres sous la surface. À la moitié du quatrième stade, soit après le stade de pré-mue D_4, elles disparaissent des eaux de surface. Dans les régions côtières, la migration verticale semble beaucoup plus restreinte. Les larves du premier au quatrième stade se nourrissent d'une variété de planctontes, mais essentiellement de cladocères, de copécodes, et de larves de crabe.

À la moitié du stade IV, le homard adopte une phototaxie négative, quitte les eaux de surface et après certains tâtonnements s'installe de préférence sur les fonds de gravier accidentés. C'est du moins ce que l'on a conclu d'études réalisées en laboratoire, parce qu'on sait peu de chose de l'implantation et des premières phases benthiques du homard dans la nature. Ainsi, on ignore ce qu'il arrive aux homards qui n'ont d'autre choix que de s'installer sur des fonds boueux ou sablonneux. Le homard passe ses deux premières années dans des tunnels qu'il creuse lui-même ou dans des crevasses naturelles sous les galets. On croit qu'il adopte ce comportement en réaction aux prédateurs visuels, en particulier à des poissons côtiers comme la tranche-tautogue. À la fin du stade IV et au stade V, le homard continue à se nourrir du plancton proche du fond, dont il s'approvisionne en créant un courant dans ses tunnels par l'action de pompe de ses pattes natatoires. À ce régime s'ajoute le méiobenthos qui pénètre dans ses tunnels. Graduellement, après avoir atteint >30 mm de LC, il s'aventure la nuit à la recherche de nourriture, jamais loin de son refuge, toutefois. Ce n'est qu'après deux à trois ans, alors qu'ils ont atteint de 38 à 50 mm de LC, que les homards évoluent progressivement sur un plus vaste territoire. Le homard manifeste un comportement très territorial, lui permettant de trouver une femelle pour l'accouplement et des sources de nourriture. Le homard furète pour sa nourriture, surtout la nuit, en se protégeant dans les abris naturels ou les tunnels ou cavités qu'il a lui-même creusés durant le jour. En général, le régime alimentaire du homard reflète la disponibilité locale et saisonnière des organismes benthiques. Parmi ses proies prédominantes citons les moules, les crabes, les littorines, les polychètes, les oursins, les étoiles de mer, les ophiures, la nécromasse et les algues. À son tour, le homard est la proie des poissons qui se nourrissent au fond, comme la morue, et le poisson-loup, auxquels il est particulièrement vulnérable pendant la mue.

Une controverse subsiste au sujet de l'importance respective des homards des eaux hauturières - dominés par de gros spécimens matures - et des plus petits homards très exploités qui constituent le gros des prises côtières le long de la côte sud-ouest de la Nouvelle-Écosse et de Grand Manan (N.-B.) dans

le recrutement global à l'échelle de la région. Dans des conditions comparables au sud de Cape Cod, au large de la côte du Massachusetts, il a été démontré que d'importantes migrations annuelles de femelles oeuvées se déroulent entre la marge continentale et les eaux moins profondes de la zone côtière. Si un phénomène analogue se produit au large du sud de la Nouvelle-Écosse, les homards d'eau profonde qui migrent proviennent sans doute non pas de la marge continentale mais peut-être du banc German et du bassin Jordan dans le golfe du Maine. Il a été prouvé que des homards d'eau profonde étiquetés provenant de la marge continentale du Canada migrent de façon saisonnière vers le banc de Brown et le banc George. Pour le moment, les preuves d'implantation dans la zone côtière de la Nouvelle-Écosse de larves en dérive originaires des bancs hauturiers sont largement inférentielles. Toute la question de l'interaction entre les homards des stocks côtiers et des stocks hauturiers continue de faire l'objet de recherches.

CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES

TEMPÉRATURE

Les homards juvéniles et adultes tolèrent une vaste gamme de températures allant de -1 à 30,5°C. De plus, dans cette gamme de températures, les adultes peuvent survivre à des hausses soudaines de 16°C ou à des chutes de 20°C. C'est la température qui détermine la vitesse du développement et le rythme physiologique durant le cycle vital. Le homard a besoin d'une eau de température inférieure à 8 à 10°C durant l'hiver, pour permettre une synchronie adéquate entre les cycles de mue et ceux de reproduction. Par ailleurs, si la température du fond ne dépasse pas 5°C suffisamment tôt au printemps, la maturation finale des oocytes est retardée et le développement du homard ralenti indéfiniment. Les larves de homard sont présentes dans les eaux de surface dont les températures s'échelonnent de 6 à 25°C, quoiqu'une température minimale d'environ 12°C semble nécessaire pour permettre au homard d'atteindre la phase IV, soit celle de l'implantation.

SALINITÉ

Les homards juvéniles et adultes peuvent tolérer une vaste gamme de salinité, allant de 15 à 32 ppm. À cet égard, la fonte des glaces qui survient au printemps a été à l'origine de mortalité parmi les homards dans l'embouchure de certains estuaires de l'Île-du-Prince-Édouard et de Terre-Neuve. Les larves de homard réagissent à des salinités inférieures à 20 ppm. Elles tentent alors d'éviter les eaux de surface à faible salinité en nageant activement vers les eaux plus profondes. Le homard du cinquième stade peut tolérer de plus basses salinités à des températures élevées (20 ppm à 15°C et 15 ppm à 20°C). Toutefois, les seuils létaux de salinité du homard juvénile et adulte varient de 6 ppm à 5°C à 10 ppm à 25°C dans 6,4 mg de O_2/L. Les homards en mue résistent moins bien aux basses salinités que les homards à carapace dure, en raison de la perméabilité osmotique de leur squelette.

TENEUR EN OXYGÈNE

Le homard peut supporter des eaux contenant peu d'oxygène dissous; sa survie est donc rarement menacée par l'hypoxémie, sauf dans le cas de bassins gravement pollués par des matières organiques. Les seuils létaux d'oxygène des juvéniles et des adultes varient de 0,2 mm de O_2/L à 5°C à 1,2 mg de O_2/L

à 25°C pour une salinité de 30 ppm. Toutefois, les basses concentrations d'oxygène ont des effets sublétaux qui affectent la viabilité des homards à long terme.

SUBSTRAT

On sait qu'en laboratoire, les larves de homard de quatrième stade retardent leur implantation si le substrat du fond ne leur convient pas. En milieu expérimental, ce phénomène d'implantation des larves de quatrième stade est survenu en 34 heures de furetage sur des roches couvertes de macroalgues, en 38 heures sur des roches éparses dans un fond sablonneux et en 62 heures sur un fond boueux. Il n'y a pas eu d'implantation sur les fonds composés uniquement de sable en raison de l'incapacité du homard à se cacher ou à creuser des tunnels en U dans le substrat. Les homards juvéniles et adultes préfèrent également les fonds rocheux accidentés ou les fonds à blocs de roche aux fonds boueux et sablonneux homogènes. En l'absence de terrain accidenté, le homard pourra chercher à creuser dans le substrat pour y trouver abri et protection contre les courants et les prédateurs. Si le fond n'est pas suffisamment cohésif pour lui permettre de creuser, comme dans les zones littorales sablonneuses et les terrains boueux en eaux profondes, le homard se creuse parfois une dépression en forme de cuvette.

LUMIÈRE

Les larves de homard sont généralement attirées par la lumière et ont une phototaxie positive, quoiqu'elles évitent la lumière directe du soleil. Au cours de la phase IV, la phototaxie du homard devient négative, obligeant celui-ci à chercher abri au fond, ce qu'il continue de faire durant le reste de sa vie.

NOURRITURE

La valeur nutritive et l'abondance des aliments qui conviennent au homard dans la région canadienne de l'Atlantique ont fait l'objet de quelques études sur le terrain. Les débarquements élevés que l'on connaît dans la partie ouest du détroit de Northumberland, aux Îles-de-la-Madeleine, ainsi que dans le nord-est et le sud-ouest de la Nouvelle-Écosse dénotent des populations peu limitées par l'abondance de la nourriture (Fig. 1).

VENTS ET COURANTS

On sait que les tempêtes violentes font échouer des grandes quantités de homard sur les côtes; toutefois, rien n'indique que ces phénomènes ont des effets durables sur la population. On croit que le vent modifie indirectement la distribution des larves en faisant dériver celles-ci en surface. En général, les homards juvéniles et adultes suivent les courants, mais l'on ne sait pas si cela a un effet important sur leur distribution naturelle. Il apparaît que les femelles oeuvées cherchent des zones à haute énergie ou à fortes turbulences pour libérer leurs larves. Les migrations saisonnières du homard d'eau profonde existant entre les zones côtières et hauturières dans certaines régions contredisent la théorie des déplacements de la population à contre-courant.

EFFETS ANTHROPIQUES

MÉTAUX LOURDS

De nombreux métaux-traces comme le mercure (Hg), le cuivre (Cu), le cadmium (Cd) et l'argent (Ag) sont considérés comme toxiques pour les organismes tandis que d'autres métaux comme le zinc (Zn) et le sélénium (Se) sont toxiques dans certaines conditions environnementales. Le homard accumule de fortes concentrations de métaux lourds comme le cadmium dans ses tissus. On a signalé des concentrations supérieures à 500 mg Cd kg^{-1} de poids net dans la glande digestive du homard capturé dans le port de Belledune, au Nouveau-Brunswick, qui n'ont pas eu d'effets délétères manifestes sur la population. Les concentrations létales aboutissant à la mortalité de la moitié des larves au terme d'une exposition de 48 heures (CL50-48 h) sont de 50, 120, 230, 1000 et >1000 µg/L d'eau de mer respectivement pour le Hg, le Cu, le Cd, le Zn et le thallium (Th), tandis qu'il faut des concentrations de 500 µg de Cu/L, >35 000 µg de Cd/L et >56 000 µg de Zn/L d'eau de mer pour tuer des adultes à des températures allant de 2 à 7°C. Pour situer ces valeurs à long terme, signalons que le seuil létal de cuivre dans l'eau de mer, par exemple, est de 30 µg/L pour les larves de homard et de 50 µg/L pour les adultes. On dispose de certaines informations sur les effets sublétaux de ces métaux sur les homards, notamment la consommation accrue d'oxygène après 30 jours d'exposition à >3 µg/L de Cd dans l'eau de mer.

MODIFICATIONS DE LA TEMPÉRATURE ET DE LA SALINITÉ

Les effluents d'eau douce chauffée et non chauffée provenant des municipalités, des industries et des centrales électriques (classiques et nucléaires) peuvent influer sur la survie, sur le développement et sur le métabolisme des larves de homard. La température maximale supportable par les larves de homard est d'environ 32°C. Le rythme métabolique diminue à des températures supérieures à de 25°C. La température agit sur la durée du développement larvaire, tandis que les changements de salinité supérieurs à 20 ppm ont des effets relativement mineurs sur la vitesse du développement. Les conditions de température et de salinité favorables au développement du homard de stade IV en laboratoire se situent entre 15°C à 35-20 ppm de salinité et 20°C à 30-15 ppm de salinité. Le prolongement de la période de développement des larves peut se traduire par une diminution de la survie dans la nature. Les homards juvéniles et adultes peuvent supporter de plus vastes gammes de température et de salinité, tel qu'indiqué précédemment.

SAUMURE

L'écoulement dans la mer de la saumure provenant des mines de potasse peut avoir des effets néfastes sur les homards. La CL50-96 h à 20°C des homards des stades I à III est de 39,6-42,9 par 10^{-3} de salinité, tandis qu'elle est de 46,2-49,5 ppm de salinité pour les homards des stades IV et V. Le homard de stade IV parvient à muer dans des solutions salines allant jusqu'à 36,3 ppm. La CL50-96 h des homards des stades I à III dans de l'eau de mer additionnée de minerai de potasse varie de 1 à 2 g de minerai/L, tandis qu'elle est de 2,5 à 3 g de minerai/L pour les larves de stade IV et les juvéniles à 20°C. On a déterminé que la toxicité extrême du minerai de potasse par rapport à la saumure était due au cation potassium K^+.

ÉLÉMENTS NON MÉTALLIQUES

En 1969, un déversement accidentel d'effluents industriels de phosphore blanc survenu à Long Harbour, Terre-Neuve a causé de la mortalité parmi les poissons et les crustacés. Les organismes concentrent le phosphore blanc proportionnellement à leur teneur en lipides. La teneur létale minimale en phosphore blanc chez les homards adultes se situe entre 20 et 40 µg/L d'eau de mer. Les effets toxiques de ce produit sont irréversibles. La mort du homard est causée par la coagulation de l'hémolymphe, aboutissant à l'asphyxie. La demi-vie du phosphore blanc se limite à 2 à 7,5 heures dans l'eau, quoique l'absorption par les boues du fond décroît considérablement ce taux d'oxydation.

DÉVERSEMENTS DE PÉTROLE

Le pétrole brut et ses produits raffinés sont un mélange complexe d'hydrocarbures et de métaux, possédant chacun leurs caractéristiques toxiques uniques. La CL50-96 h du pétrole brut vénézuélien est de 0,86 mg/L d'eau de mer pour les homards de premier stade, et décroît à 4,9 mg/L pour les larves de stades III et IV. Les effets sublétaux du pétrole brut du sud de la Louisiane sur les larves de homard sont manifestes à 0,25 mg/L. Le seuil létal à long terme de pétrole brut vénézuélien semble plus proche de 0,14 mg/L à compter du stade I, ce qui est comparable au seuil de 0,1 mg/L constaté pour le pétrole brut du sud de la Louisiane. Les homards implantés (à partir de la fin du stade IV) survivent normalement dans des sédiments contenant jusqu'à 1 740 mg/L de pétrole brut vénézuélien. On a constaté que des homards juvéniles et adultes subissaient des effets sublétaux lorsqu'ils étaient exposés à des concentrations initiales de 0,5 mg/L de pétrole brut vénézuélien. Par ailleurs, on a remarqué que des homards exposés à du mazout n° 2 pendant 5 jours, à raison de <0,15 mg/L, ne réagissaient pas à la nourriture. À 1,5 partie par 10^{-3}, l'exposition peut engendrer des réactions neuromusculaires dans les 30 jours ainsi qu'une perte de coordination et d'équilibre. Aucune mortalité due à la pollution par le fuel de soute C ayant suivi le désastre du Arrow, en 1970, n'a été observée parmi le homard de la baie de Chedabucto (N.-É.) . De plus, l'échouage du pétrolier Arrow, dans la baie de Chedabucto, en 1970, ou celui du Kurdistan, dans le détroit de Cabot, en 1979, n'ont pas occasionné de souillures dans les chairs du homard.

FLUIDES DE FORAGE

La toxicité des fluides ou boues de forages dépend aussi de leur composition chimique. On n'a pas encore complètement identifié le groupe de composés responsables de cette toxicité; toutefois, on a constaté que les fluides contenant le plus de diesel et une teneur relativement élevée en chromium et en phénol étaient les plus toxiques pour les larves de homard de premier stade.

Type de fluide de forage	CL50-96 h
MB-5-29	190 mg/L
J4	>500
J5	74
J6	213
J7	88

Les effets sublétaux de certains fluides de forage se sont manifestés à de faibles concentrations, allant de 10 à 50 mg/L. L'exposition à la barytine et aux sédiments des fluides de forage n'a pas eu d'effets manifestes. On inhibe partiellement ou complètement les habitudes de creusage des larves de homard de quatrième et de cinquième stades en superposant à des fonds boueux placés dans un aquarium des couches de 1 mm et de 4 mm respectivement de boue de forage ou d'un mélange de barytine ou de bentonite. Dans des zones relativement calmes, l'accumulation de fluides de forage pourrait gêner les habitudes de creusage normales des larves au début de leur vie au fond de l'eau, ce qui entraînerait une hausse de la mortalité par prédation. On a constaté une plus forte mortalité et une croissance réduite chez des larves de quatrième stade ayant été placées six mois dans un aquarium comportant une couche de 1 mm de fluides de forage J-5 que chez les homards témoins placés dans un aquarium comportant une couche de 1 mm d'un mélange de barytine et de bentonite.

HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES (HAP)

Les HAP sont créés par la combustion, ou pyrolyse, de matières organiques. Ils pénètrent surtout dans le milieu marin par les retombées atmosphériques provenant de la combustion du charbon, du pétrole et du bois ou par les déversements de pétrole, d'effluents industriels, et d'eaux résiduelles de surface venant en particulier des surfaces asphaltées ainsi que des quais et piliers créosotés. Des études sur la toxicité du créosote ont révélé que des homards adultes tenus à 10°C et des larves de homard tenues à 20°C ont des CL50-96 h de 1,76 mg/L et 0,02 mg/L d'eau de mer, respectivement. On n'a pas effectué d'études spécifiques de toxicité des HAP. Ces derniers s'accumulent en quelques heures dans les tissus riches en lipides du homard, mais sont métabolisés ou expulsés à un rythme beaucoup plus lent (de quelques mois à quelques années). La pêche du homard est actuellement interdite dans le port de Sydney, au Cap-Breton, en raison des fortes concentrations de HAP provenant des fours à coke de la Sydney Steel.

EFFLUENTS DES USINES DE PAPIER KRAFT

Les effluents de pâte kraft blanchie viennent en contact avec les larves de homard et les homards adultes sous forme diluée, à divers endroits des provinces atlantiques. On a découvert que la CL50-48 h des homards de premier stade correspond à une concentration d'environ 32 p. 100 de cet effluent. On n'a pas constaté de changement notable dans le taux de mortalité lorsque les concentrations d'effluents d'usines de papier sont inférieures à 2 p. 100. On estime que les larves ne sont pas en contact avec des concentrations toxiques d'effluents de pâte dans la nature, étant donné qu'elles évitent les salinités inférieures à 20 ppm. Les résultats des analyses de toxicité réalisées sur des homards adultes ont été variables, dénotant un bon taux de survie dans des concentrations d'effluents d'usines de papier allant jusqu'à 32 p. 100. Il est peu probable que des adultes soient en contact direct avec les effluents d'usines de papier, en raison de leur vie benthique. Les composants organiques des effluents des usines de papier peuvent créer localement des conditions d'anoxie, qui provoqueraient l'élimination des populations de homards (par exemple, Canso Strait et Boat Harbour en Nouvelle-Écosse, et l'estuaire L'Étang au Nouveau-Brunswick).

CHLORATION

On utilise couramment le chlore pour détruire les organismes responsables de l'encrassement des conduits d'admission ou des condenseurs servant à refroidir les eaux des centrales électriques. On s'en sert également pour blanchir la pâte kraft dans les usines de papier. Enfin, le chlore est aussi utilisé dans le traitement des eaux potables municipales. Les résidus de chlore présents dans les effluents des systèmes de refroidissement à l'eau de mer et à l'eau douce varient de 0,05 à 0,5 mg/L d'eau, mais peuvent atteindre 5,0 mg/L dans certaines installations maritimes où l'on cherche à détruire des balones et des moules. Dans les zones côtières productives ou à proximité d'effluents municipaux riches en matières organiques, le chlore provenant des eaux de refroidissement peut occasionner une accumulation importante de composés de chloramine et d'organochlorés. Le CL50-48 h des larves de premier stade a été établie à 16,3 mg/L d'eau de mer pour le chlore, comparativement à 2,0 mg/L pour la chloramine, à 25°C, et celà après seulement 1 heure d'exposition. Les températures élevées ont un effet synergique sur cette toxicité, qui caractérise les effluents de chlore chauffés provenant des centrales électriques, des installations municipales et des usines de papier. La chloramine s'est avérée plus toxique à 30°C le CL50-48 h s'établissant à 0,56 mg/L, comparativement à 4,08 mg/L à 20°C. On a pu constater des effets sublétaux sur le métabolisme des larves de stade I exposées respectivement à 0,010 mg de chlore et à 0,05 mg de chloramine par litre d'eau de mer.

ORGANOCHLORÉS

L'environnement contient de vastes quantités de pesticides organochlorés et de composés industriels fabriqués par l'homme. Parmi les organochlorés, certains des composés les plus toxiques que l'on connaît sont le DDT et le PCDD (polychlorodibenzodioxine). Il s'agit de composés hydrophobes, qui résistent à la dégradation et sont très lipophiles, résultant dans leur accumulation dans la glande digestive du homard. Malheureusement, il ne semble pas y avoir d'études de leur toxicité sur le homard, mais on devrait pouvoir s'en remettre aux résultats obtenus sur un spécimen qui lui est apparenté, soit la crevette de sable *Crangon*; les CL50-96 h à 20°C sont respectivement de 0,2 µg de Endosulfan/L, 0,6 µg d'Endrin/L, 0,4 µg de DDT/L, 0,4 µg de Dieldrin/L, 2,0 µg de Chlordane/L, 13,0 µg d'Aroclor 1 242/L, 12,0 µg d'Aroclor 1 254/L, et >7,2 µg d'hexachlorobenzène/L d'eau de mer. Ces mêmes organochlorés sont dix fois moins toxiques dans les sédiments sablonneux que dans l'eau de mer, en raison de leur forte adhérence aux surfaces. On s'attend à ce que les niveaux de contamination soient plus élevés dans les ports industriels que dans les embouchures des grandes rivières du reste de la zone côtière.

PESTICIDES A BASE DE PYRÉTHOIDE

Les pyréthoïdes sont extrêmement toxiques pour les crustacés. Les LC50-96 h du homard adulte sont de 0,73,0,04 et 0,14 µg/L d'eau de mer pour la perméthrine, la cyperméthrine et la fenvalérate respectivement, ce qui est très proche des seuils létaux.

PESTICIDES A BASE D'ORGANOPHOSPHATE

Le fénitrothion, pesticide à base d'organophosphate, est largement utilisé pour combattre les infestations de tordeuse du bourgeon de l'épinette au Nouveau-Brunswick depuis 1968. Or, aussi bien les larves de homard que le homard adulte sont sensibles à ce produit, leur CL50-96 h se situant à environ

1 µg/L d'eau de mer. Le seuil létal des larves de homard est de 0,015 µg/L tandis que celui des adultes est d'environ 0,3 µg/L. Comme le fénitrothion se dégrade rapidement à la lumière solaire, seule une quantité minime peut atteindre la mer. Il n'en reste pas moins qu'en raison de la sensibilité extrême des larves de homard et du homard adulte à ce produit, le fénitrothion pose un risque de danger.

CHAUSSÉES, BARRAGES DES EAUX À MARÉE ET LIENS FIXES

La fermeture d'une des trois lagunes marines des Îles-de-la-Madeleine a mis fin à une migration saisonnière des homards adultes qui cherchaient à échapper à la pêche en se réfugiant dans cette lagune. Depuis quelques années, on étudie la possibilité de la ré-ouvrir.

La nette chute des débarquements de homard, qui a été le plus marquée le long de la côte atlantique de la Nouvelle-Écosse, s'est manifestée six ans après la fermeture du détroit de Canso par une chaussée, en 1954. On a alors supputé que la présence de la chaussée empêchait le recrutement des larves de la baie St. George, dans le sud-est du golfe Saint-Laurent sur la côte Atlantique, et se traduisait par une diminution de la population à long terme. Les estimations du nombre de larves provenant de la baie St. George et cheminant par le détroit de Canso avant la construction ont révélé que ce détroit pouvait avoir été à l'origine de 60 p. 100 des débarquements de homard de la côte atlantique aux alentours de la baie de Chedabucto entre 1950 et 1960. De façon générale, les débarquements de homard ont augmenté depuis 1979. En 1988, ceux de la côte atlantique (comté de Guysborough) avaient atteint 48 p. 100 des résultats de 1950. S'il est vrai que le blocage de l'approvisionnement en larves a joué un rôle dans la chute vertigineuse de la population entre 1954 et 1979, ce n'était là sans doute qu'une des causes parmi plusieurs. Les ponts ou tunnels sont préférables aux chaussées parce qu'ils ne gênent pas le transport des larves ou le mouvement des adultes. Cet exemple pourra s'avérer utile lors de la construction éventuelle de barrages sur des eaux à marée pour des centrales marémotrices ou pour relier des îles.

CHOCS D'EXPLOSION

Une explosion expérimentale de trois bâtons de dynamite à une distance de 5 m de homards contenus dans des casiers en eaux peu profondes (environ 5 m de hauteur) n'a pas eu d'effet sur la viabilité des crustacés, quoique le choc ait été suffisamment fort pour retourner les casiers.

DRAGAGE

Le déversement des sédiments mous provenant du dragage des ports peut altérer l'habitat de prédilection des homards juvéniles et adultes à court terme, en dérangeant leurs abris et leurs sources alimentaires. Cela dit, les matériaux de dragage finissent par être évacués des fonds de gravier et de roches à haute énergie, où loge le homard. Le déversement des résidus de dragage est trop localisé et rare pour menacer les larves planctoniques du homard. Quant au déversement de gros matériaux non contaminés, il contribuerait plutôt à fournir un abri et un habitat idéals pour le homard, une fois colonisés par les organismes dont le homard est le prédateur.

SYLVICULTURE, AGRICULTURE, ET AMÉNAGEMENT DES TERRES

L'altération des terres occasionnée par le déboisement, l'agriculture, et l'aménagement urbain peut aussi entraîner une accumulation excessive de vase, susceptible de réduire l'habitat du homard, particulièrement à proximité des émissaires d'eau douce.

AQUICULTURE

On a constaté une plus grande tendance à fureter chez les gros homards résidant sous des viviers de stockage de poisson, de crustacés et de mollusques.

PÊCHE

C'est la pêche du homard qui a le plus de répercussions sur l'ampleur de la population de ce crustacé. Elle est responsable du retrait d'entre 50 et 90 p. 100 des recrues chaque année, selon le lieu géographique. On a attribué la présence de homards à une seule pince, représentant entre 50 et 12 p. 100 des prises, à des causes naturelles et à des causes anthropiques. Cette perte de pince est due en bonne part aux combats qui ont lieu à l'intérieur des casiers et à la manipulation de homards de taille inférieure à la taille réglementaire par les pêcheurs. La présence d'évents d'échappement réduit les dommages aux homards de petite taille en leur permettant de s'échapper. On pense aussi que certains homards sont endommagés ou perdent leurs pinces par l'effet d'écrasement des roches affouillées par des radeaux de glace durant les tempêtes. Ce phénomène, toutefois, n'a pas de grandes conséquences sur la population, parce qu'on n'a pu établir de corrélation entre des changements dans la population et les tempêtes de vents. Quand les homards sont abondants, l'incidence des dommages aux pinces devrait croître en raison des luttes territoriales. Ce phénomène n'a toutefois pas été vérifié.

On a accusé les pêches d'espèces concurrentes d'avoir des effets délétères sur les populations de homard. Or, il s'est avéré qu'il y a peu de chevauchement entre les gisements de mousse d'Irlande exploités commercialement et la pêche du homard, et que 5 p. 100 seulement du homard se trouvant dans la proximité immédiate des lieux de récolte de la mousse d'Irlande sont blessés sérieusement ou tués. Par ailleurs, les dragueurs de pétoncle préfèrent opérer sur des fonds uniformes, où il y a peu de homard. Les homards qui vivent à ces endroits sont gros et par conséquent plus aptes à s'échapper indemnes en l'absence de gros blocs rocheux susceptibles de les broyer. On a recommandé que les engins de pêche du pétoncle ne soient utilisés que sur des fonds boueux et sablonneux et que la pêche du pétoncle soit fermée à la fin de l'été, alors que les homards sont en mue. En effet, les homards qui viennent de muer sont mous et très vulnérables. La valeur potentielle des prises accidentelles de homard endommagé par les dragues à pétoncle est faible et ne constitue pas jusqu'ici un problème important dans les régions où elle a fait l'objet d'une étude. On sait peu de choses des dommages occasionnés aux homards par les dragueurs à poisson. À l'occasion, les chaluts de poisson de fond capturent accidentellement des quantités considérables de homard dans la zone fermée du banc de Brown. C'est à la fin de la mue d'été que la mortalité des homards due aux prises accidentelles par les dragueurs de poisson de fond est la plus élevée (de 12,6 à 14 p. 100) alors qu'elle n'est que de 0 à 5,6 p. 100 pendant le reste de l'année. Il importe d'effectuer davantage d'observations et de recherches au sujet des effets des pêches concurrentes sur les populations de homard.

Les casiers perdus (casiers fantômes) peuvent aussi menacer les stocks de homard. Des études réalisées aux États-Unis ont révélé que les pertes annuelles dues à la pêche «fantôme» sont de 1,1 kg par casier non muni d'un orifice d'échappement et de 0,7 kg par casier muni d'un orifice d'échappement. La pêche fantôme représente une perte de 3 à 6 p. 100 des débarquements annuels aux États-Unis. Les casiers munis d'un orifice d'évasion causent moins de dommages, parce que les homards sont capables de s'en échapper. Une réglementation sur les orifices d'évasion et la pêche fantôme a été adoptée au Canada. Elle intervient au bon moment, compte tenu de l'avènement des casiers en fil de plastique et d'acier.

REMERCIEMENTS

L'auteur désire remercier C. Hudon, K.H. Mann, D. McLeese, R.J. Miller, D.S. Pezzack, J.D. Pringle, D.J. Scarratt, et J.F. Uthe des renseignements qu'il lui ont fournis et de leur examen critique du présent rapport.

RÉFÉRENCES

OUVRAGES GÉNÉRAUX

Cobb, J.S., and B.F. Phillips [ed.]. 1980. The biology and management of lobsters. Vol. 1. Physiology and behaviour: 463 p. Academic Press, New York, N.Y.

---------- 1980. The biology and management of lobsters. Vol. 2. Ecology and management: 390 p. Academic Press, New York, N.Y.

International Workshop on Lobster Recruitment. 1986. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 43: 2064-2402.

MÉTAUX

Chou, C.L., J.F. Uthe, J.D. Castell, and J.C. Kean. 1987. Effect of dietary cadmium on growth, survival, and tissue concentrations of cadmium, zinc, copper, and silver in juvenile American lobster *Homarus americanus*. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 44(8): 1443-1450.

McLeese, D.W. 1976. Toxicity studies with lobster larvae and adults and a freshwater crayfish. Fish. Res. Board Can. Manuscr. Rep. 1384: 15 p.

Uthe, J.F., and V. Zitko [ed.]. 1980. Cadmium pollution of Belledune Harbour, New Brunswick, Canada. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 963: 107 p.

EFFETS THERMIQUES

Sastry, A.N. 1980. Effects of thermal pollution on pelagic larvae of crustacea. U S Environ. Prot. Agency Nat. Environ. Res. Cent. Ecol. Res. Ser. EPA-600/3-80-064: 52 p.

SAUMURE DE POTASSE

Charmantier, G., M. Charmantier-Daures, and W.W. Young-Lai. 1985. Lethal and sublethal effects of potash brine on different stages of the lobster, *Homarus americanus*. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1344: 13 p.

ÉLÉMENTS NON MÉTALLIQUES

Aiken, D.E., and E.H. Byard. 1972. Histological changes in lobsters (*Homarus americanus*) exposed to yellow phosphorous. Science 176: 1434-1435.

Zitko, V., D.E. Aiken, S.N. Tibbo, K.W.T. Besch, and J.M. Anderson. 1970. Toxicity of yellow phosphorus to herring (*Clupea harengus*), Atlantic salmon (*Salmo salar*), lobster (*Homarus americanus*), and beach flea (*Gammarus oceanicus*). J. Fish. Res. Board Can. 27(1): 21-29.

PÉTROLE

Atema, J. 1977. The effects of oil on lobsters. Oceanus 20: 67-73.

Capuzzo, J.M., B.A. Lancaster, and G.A. Sasaki. 1984. The effects of petroleum hydrocarbons on lipid metabolism and energetics of larval development and metamorphosis in the American lobster (*Homarus americanus* Milne-Edwards). Mar. Environ. Res. 14: 201-228.

Payne, J.F., J. Kiceniuk, R. Misra, G. Fletcher, and R. Thompson. 1983. Sublethal effects of petroleum hydrocarbons on adult American lobsters (*Homarus americanus*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 40: 705-717.

Wells, P.G., and J.B. Sprague. 1976. Effects of crude oil on American lobster (*Homarus americanus*) larvae in the laboratory. J. Fish. Res. Board Can. 10: 371-412.

FLUIDES DE FORAGE

Atema, J., D.F. Leavitt, D.E. Barshaw, and M.C. Cuomo. 1982. Effects of drilling muds on behaviour of the American lobster, *Homarus americanus*, in water column and substrate exposures. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 39: 675-690.

Barshaw, D.E., and J. Atema. 1984. Effects of drilling mud on the behaviour, growth, and survival of young juvenile lobster (*Homarus americanus*). Biol. Bull. 167: 506.

Derby, J.G.S., and J.M. Capuzzo. 1984. Lethal and sublethal toxicity of drilling fluids to larvae of the American lobster (*Homarus americanus*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 41(9): 1334-1340.

---------- 1985. Physiological and behavioral effects of drilling fluids on marine crustaceans, p. 289-305. In I.W. Duedall, D.R. Kester, P.K. Park, and B.H. Ketchum [ed.]. Wastes in the ocean. Vol. IV. Energy wastes in the ocean. John Wiley & Sons (New York, N.Y.).

HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES (HAP)

McLeese, D.W., and C.D. Metcalfe. 1979. Toxicity of creosote to larval and adult lobsters and *Crangon* and its accumulation in lobster hepatopancreas. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 22: 796-799.

McLeese, D.W. 1983. The potential for exposure of lobsters to creosote during commercial storage in the Maritime Provinces of Canada. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1203: 28 p.

Uthe, J.F., D.W. McLeese, G.R. Sirota, and L.E. Burridge. 1984. Accumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons by lobsters (*Homarus americanus*) held in a tidal pound. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1059: 9 p.

Uthe, J.F., and C.J. Musial. 1986. Polycyclic aromatic hydrocarbon contamination of American lobster, *Homarus americanus*, in the proximity of a coal-coking plant. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 37: 730-738.

EFFLUENTS DES USINES DE PAPIER KRAFT

Scarratt, D.J. 1969. Lobster larvae off Pictou, Nova Scotia, not affected by bleached kraft mill effluent. J. Fish. Res. Board Can. 26: 1931-1934.

Sprague, J.B., and D.W. McLeese. 1968. Toxicity of kraft pulp mill effluent for larval and adult lobsters and juvenile salmon. Water Res. 2: 753-760.

CHLORATION

Capuzzo, J.M., S.A. Lawrence, and J.A. Davidson. 1976. Combined toxicity of free chlorine, chloramine, and temperature to Stage I larvae of the American lobster *Homarus americanus*. Water Res. 10: 1053-1099.

ORGANOCHLORÉS

Clement, R.E., H.M. Tosine, V. Taguchi, C.J. Musial, and J.F. Uthe. 1987. Investigation of American lobster, *Homarus americanus*, for the presence of chlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 39: 1069-1075.

McLeese, D.W., C.D. Metcalfe, and D.S. Pezzack. 1980. Bioaccumulation of chlorobiphenyls and endrin from food by lobsters (*Homarus americanus*). Bull. Environ. Contam. Toxicol. 25: 161-168.

McLeese, D.W., and C.D. Metcalfe. 1980. Toxicities of eight organochlorine compounds in sediment and seawater to *Crangon septemspinosa*. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 25: 921-928.

PYRÉTHOIDES

McLeese, D.W., C.D. Metcalfe, and V. Zitko. 1980. Lethality of permethrin, cypermethrin and fenvalerate to salmon, lobster and shrimp. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 25: 950-955.

Zitko, V., D.W. McLeese, C.D. Metcalfe, and W.G. Carson. 1979. Toxicity of permethrin, decamethrin, and related pyrethroids to salmon and lobster. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 21: 338-343.

PESTICIDES À BASE D'ORGANOPHOSPHATES

McLeese, D.W. 1974. Olfactory responses and fenitrothion toxicity in American lobsters (*Homarus americanus*). J. Fish. Res. Board Can. 31: 1127-1131.

AUTRES

Jamieson, G.S., and A. Campbell. 1985. Sea scallop fishing impact on American lobster in the Gulf of St. Lawrence. Fish. Bull. 83(4): 575-586.

Knight, A.P. 1907. The effects of dynamite explosions on fish life. Contrib. Can. Biol. 1902-1905: 21-30.

Krouse, J.S. 1976. Incidence of cull lobsters, *Homarus americanus*, in all commercial and research catches off the Maine coast. Fish. Bull. 74(4): 719-724.

Pecci, K.J., R.A. Cooper, C.D. Newell, R.A. Clifford, and R.J. Smolowitz. 1978. Ghost fishing of vented and unvented lobster, *Homarus americanus*, traps. Mar. Fish. Rev. (Pap. 1307) 40(5/6): 9-43.

Pringle, J.D., and G.J. Sharp. 1980. Multispecies resource management of economically important marine plant communities of eastern Canada. Helgol. Meeresunters. 33: 711-720.

Robichaud, P.A., A.M. Williamson, and D.E. Graham. 1987. Characteristics of the St. Marys Bay lobster stock in relation to scallop gear impact. Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1955: 17 p.

Scarratt, D.J. 1973. The effects of raking Irish moss (*Chondrus crispus*) on lobsters in Prince Edward Island. Helgol. Meeresunters. 24: 415-424.

Smith, E.M., and P.T. Howell. 1987. The effects of bottom trawling on American lobsters, *Homarus americanus*, in Long Island Sound. Fish. Bull. 85(4): 737-744.

Smolowitz, R.J., and F.M. Serchuk. 1980. Recent U.S. lobster trap gear research: Applications and implications. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 932: 73-76.

Smolowitz, R.J. 1978. Trap design and ghost fishing: Discussion. Mar. Fish. Rev. (Pap. 1310) 40(5/6): 59-67.

Young, J.S., and J.B. Pearce. 1975. Shell disease in crabs and lobsters from New York Bight. Mar. Pollut. Bull. 6: 101-105.

ANNEXE: EXPERTS DU MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES OCÉANS

Domaine de compétence	Nom	N° de téléphone
Écologie des adultes	Doug Pezzack[1]	(902) 426-2099
	David Robichaud[2]	(506) 529-8854
	Gerry Ennis[3]	(709) 772-2094
Écologie des juvéniles	Peter Laughton[2]	(506) 529-8854
Écologie des larves	Gareth Harding[4]	(902) 426-2692
	Christiane Hudon[1]	(902) 426-5379
Physiologie et aquiculture	Dave Aiken[2]	(506) 529-8854
	Susan Waddy[2]	(506) 529-8854
Parasites	James Stewart[1]	(902) 426-8145
Contaminants	Jack Uthe[1]	(902) 426-6277
	Vlado Zitko[2]	(506) 529-8854
Pêches concurrentes et casiers fantômes	John Pringle[1]	(902) 426-6138
	Robert Miller[1]	(902) 426-6138

[1]Ministère des Pêches et des Océans
Région de Scotia-Fundy
1707, rue Lower Water
C.P. 550
Halifax (N.-É.) B3J 2S7

[2]Ministère des Pêches et des Océans
Station biologique de St. Andrews
C.P. 210
St. Andrews (N.-B.) E0G 2X0

[3]Ministère des Pêches et des Océans
Région de Terre-Neuve
C.P. 5667
St. John's (T.-N.) A1C 5X1

[4]Ministère des Pêches et des Océans
Institut océanographique de Bedford
C.P. 1006
Dartmouth (N.-É.) B2Y 4A2